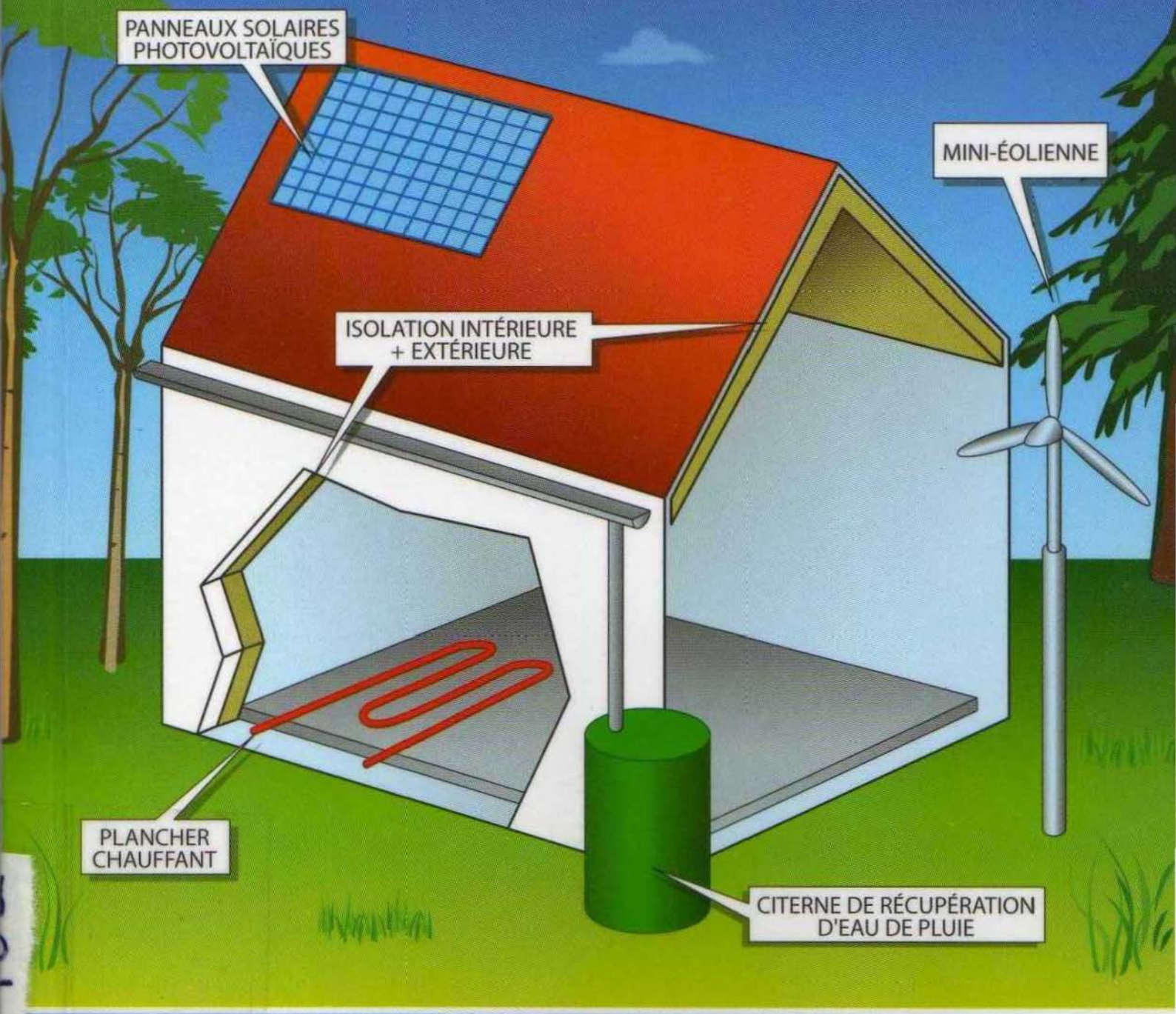
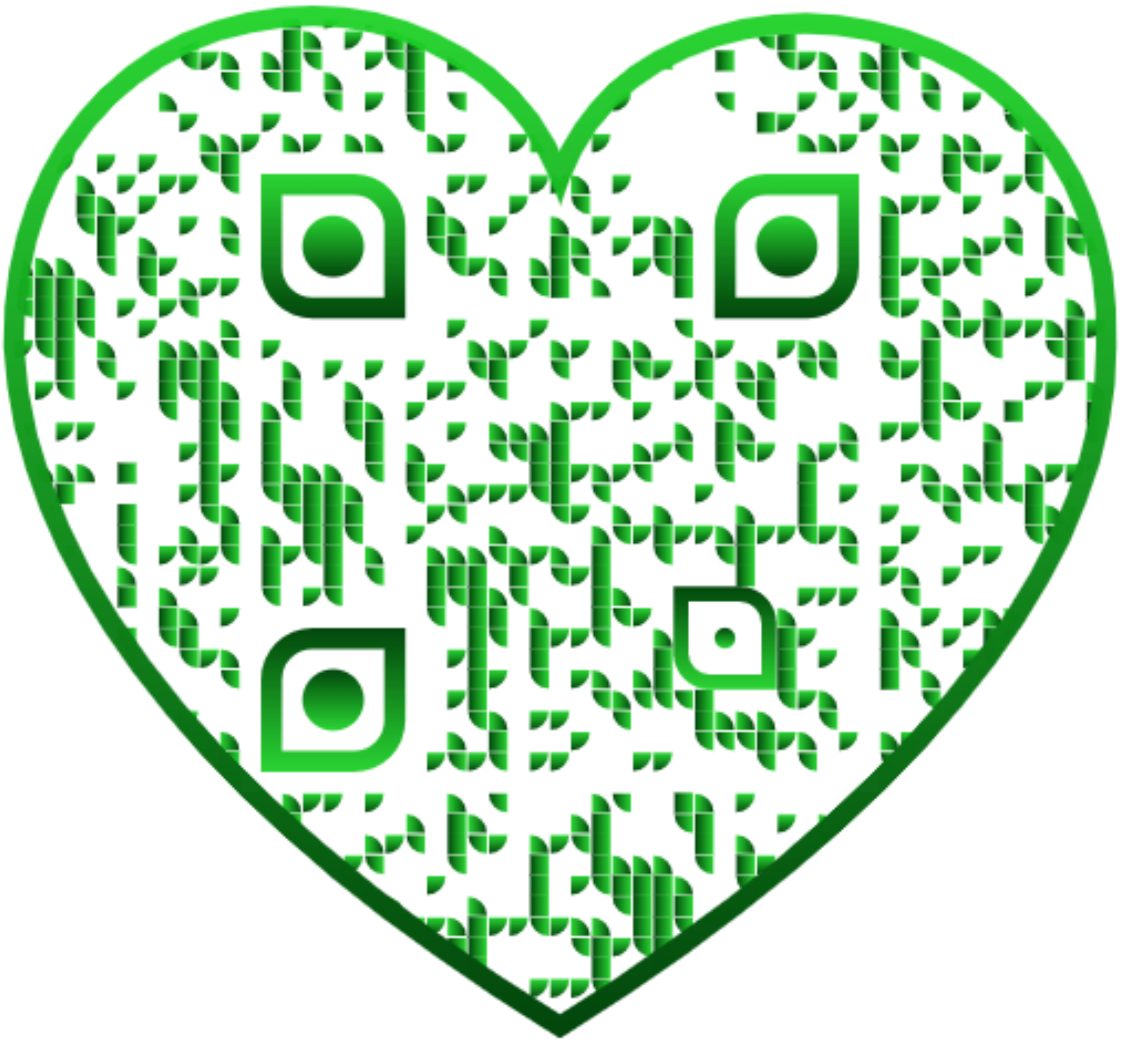
Brigitte Vu

La maison à énergie zéro



EYROLLES

SHOUT
SHARE
IT



La maison à énergie zéro

S12/1481.

Dans la même collection

Brigitte Vu. – *Récupérer les eaux de pluie,*
G11984, 2006.

Brigitte Vu. – *L'habitat écologique et les aides de l'État,*
G12054, 2006.

Bruno Béranger. – *Les pompes à chaleur,*
G11997, 2006.

Paul de Haut. – *25 moyens d'économiser son argent et son environnement,*
G12053, 2006.

Du même auteur

Construire ou rénover en respectant la HQE,
G12070, 2006.

Gestion et récupération des eaux pluviales,
G11949, 2006.

La maison à énergie zéro

Brigitte Vu

Deuxième tirage 2007

EYROLLES

ÉDITIONS EYROLLES
61, bld Saint-Germain
75240 Paris Cedex 05
www.editions-eyrolles.com

Le code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée notamment dans les établissements d'enseignement, provoquant une baisse brutale des achats de livres, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.
En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage, sur quelque support que ce soit, sans l'autorisation de l'Éditeur ou du Centre Français d'exploitation du droit de copie, 20, rue des Grands Augustins, 75006 Paris.
© Groupe Eyrolles, 2007, ISBN 13 : 978-2-212-12089-9

Sommaire

Avant-propos 1

1 • Pourquoi une maison autonome ? 3

Comment la haute qualité environnementale participe-t-elle à cette autonomie ? 4

Utilisation des énergies renouvelables 4

Que pouvons-nous faire pour améliorer la qualité de nos logements tout en préservant l'environnement ? 5

Énergie 9

2 • Choix des matériaux 11

La structure bois 14

La brique Monomur terre cuite 16

La brique Monomur 16

La Monomur Thermopierre ou béton cellulaire 18

La structure Euromac2 19

Comparaison des quatre systèmes 21

3 • Isolation et performance thermique 23

L'isolation des combles et de la toiture 24

Les isolants naturels 24

Le vitrage 25
Ventilation mécanique contrôlée 27
Système de ventilation 29
Durabilité et entretien de l'installation 29

4 • Énergie et baisse des charges électriques des logements **31**
Éclairage 31
Les différentes sources d'éclairage 32
L'installation 33
Les différentes catégories de ballast 33
Baisse des charges électriques des logements 34

5 • Chauffage **35**
Le solaire 35
Le principe 35
Le ballon d'eau chaude sanitaire 36
Le plancher solaire direct 37
Le bois-énergie 39
Le principe de fonctionnement 39
Le coût 41
La géothermie 41
Le principe de pompe à chaleur 42
Les différentes pompes à chaleur 42
Le fonctionnement 43
Les différents captages 45
Les avantages du chauffage par pompe à chaleur 47
L'eau chaude sanitaire 48

6 • Électricité et photovoltaïque **51**
Pourquoi le photovoltaïque ? 51
Installation photovoltaïque pour maison individuelle 54
Production et retour sur investissement 55

7 • Eau **57**
Économiser et réduire sa consommation d'eau 58
Récupérer l'eau de pluie 60
Des installations pour aller plus loin... 62
Comment monter un système de raccordement au chêneau ? 64

Avant-propos

Qui n'a pas rêvé un jour de ne plus dépendre du pétrole ou du gaz pour se chauffer ?

Concevoir puis construire une maison autonome en énergie, c'est aujourd'hui possible, non seulement techniquement mais aussi et surtout financièrement.

Avant toute construction, il est important d'étudier de manière approfondie, le lieu d'implantation de celle-ci.

Quelle est l'orientation de mon terrain ?

Comment souhaitez-vous orienter votre maison sur la parcelle ?

Puis, viendront les traditionnelles questions. Je souhaite être autonome en énergie, quelles sont les possibilités d'y arriver ?

Posséder une maison quasi autonome en énergie électrique ainsi qu'en eau n'est plus une utopie. De plus, les coûts en matière d'achat de matériel comme d'installation ne sont pas excessifs, compte tenu des aides apportées par l'État, pour combler en partie ce surcoût et encouragé les particuliers à avoir recours à ces nouvelles énergies.

Pour aller plus loin

Vous pouvez vous reporter à l'ouvrage du même auteur, *L'habitat écologique et les aides de l'État*, paru aux Éditions Eyrolles.

Les énergies renouvelables ont d'énormes avantages dans la mesure où elles ne produisent pas de gaz à effet de serre, elles préservent les ressources en énergie fossile pour des usages tels que les transports où nous n'avons pas encore de solutions satisfaisantes en matériel comme en coût.

Les ressources en eau sont encore satisfaisantes en France mais si l'on peut éviter de les utiliser, autant économiser toutes ces ressources que la terre nous donne pour les générations suivantes.

Contact

Si vous le souhaitez, vous pouvez poser vos questions à l'adresse suivante : brigitte.vu@wanadoo.fr, je m'efforcerai d'y répondre dans la limite de mes compétences afin de vous apporter des conseils personnalisés.

Nous allons vous proposer tout au long de cet ouvrage qui se veut pratique, un certain nombre de possibilités pour atteindre une réelle autonomie.

1

Pourquoi une maison autonome ?

Il est extrêmement difficile de répondre à cette question. Certains font un choix financier – et nul ne peut dire que seules les convictions les conduisent à avoir un comportement exemplaire... – d'autres le font car ils ont pris conscience que l'on ne peut utiliser impunément toutes les ressources naturelles que la terre nous « offre » sans se préoccuper des générations suivantes.

Force est de reconnaître qu'en France le secteur du bâtiment est à l'origine de 46 % de la consommation d'énergie fossile et de 25 % des rejets de CO_2 dans l'atmosphère. Donc ce secteur contribue grandement aux émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. L'efficacité énergétique des bâtiments a certes progressé ces dernières années, mais beaucoup reste à faire si nous voulons obtenir une division par 4 des émissions des gaz à effet de serre d'ici à 2050.

Nos gouvernants ont pris conscience de l'ampleur du défi et les hommes politiques axent désormais leur discours, comme leurs propositions, sur le développement durable. Que ce soit dans le bâtiment neuf ou ancien, la nécessité d'avoir recours aux énergies alternatives et de préserver les ressources naturelles vise à

encourager le développement des énergies renouvelables et la construction de bâtiments économes en énergie.

Comment la haute qualité environnementale participe-t-elle à cette autonomie ?

Les premières certifications « environnementales » ont été lancées avec la norme « NF bâtiment tertiaire démarche HQE® en 2005 » et en mai 2006, la norme « NF maison individuelle démarche HQE® ». Ces certifications se sont accompagnées de mesures fiscales intéressantes visant à encourager l'utilisation d'énergies renouvelables en constructions neuves comme en rénovation, une meilleure isolation des bâtiments…

La démarche HQE est une démarche globale touchant à l'ensemble des secteurs du bâtiment tels que l'éco-construction, l'éco-gestion, le confort et à la santé. Elle offre ses avantages à l'ensemble des citoyens, parties prenantes au projet.

Dans le domaine de l'habitation individuelle, les bénéfices de la démarche HQE sont multiples.

Utilisation des énergies renouvelables

Des économies importantes en matière de dépenses d'énergie et d'eau.

Un confort accru pour les habitants tout en préservant, notre environnement entre autre.

Maîtriser les impacts de la construction sur l'environnement extérieur :

- en limitant au maximum l'utilisation des ressources naturelles,
- en limitant au maximum la pollution de l'air, de l'eau, du sol,
- en produisant le minimum de déchets ultimes (déchets ne pouvant être éliminés qu'après stockage),
- en limitant au maximum les nuisances tels que le bruit,
- en favorisant une relation harmonieuse entre le bâtiment et son environnement immédiat.

La mise en place de cette certification « NF Maison Individuelle-démarche HQE® » permet de donner un cadre aux personnes désireuses de construire « plus écologique ».

La Haute qualité environnementale, et en particulier sa composante énergétique, la Haute et la Très haute performance énergétique devront être encouragées et davantage mises en œuvre.

À l'heure actuelle, la qualité environnementale et la performance énergétique sont insuffisamment connues des français dans leurs choix relatifs au logement, faute d'informations et ce à tous les niveaux.

Un des aspects fondamentaux de la HQE® est de créer une démarche de « management de projet » dont l'objectif est de limiter les impacts d'une opération de construction sur l'environnement tout en garantissant un habitat sain et confortable. Nous parlerons désormais de qualité environnementale des bâtiments et d'efficacité énergétique.

L'idée est partie d'un constat simple : le secteur du bâtiment consomme à lui seul près de la moitié des ressources naturelles, 40 % de l'énergie primaire, 16 % de l'eau, et génère plus de 50 % des déchets.

Que pouvons-nous faire pour améliorer la qualité de nos logements tout en préservant l'environnement ?

D'aucuns pourraient considérer que cette démarche consiste à maîtriser les impacts de la construction sur l'environnement

extérieur comme on le fait pour la majorité des produits des activités humaines, mais il ne faut pas omettre de dire que les bâtiments comme les moyens de transport sont des endroits où nous passons une grande partie de notre temps. Aussi, l'approche est différente dans la mesure où on ne peut dissocier la volonté de maîtriser les impacts sur l'environnement extérieur de celle de créer un environnement intérieur de qualité.

La démarche HQE® est avant tout une définition exigentielle de la qualité environnementale, elle constitue en une clarification utile et nécessaire et permet une mise en ordre opérationnelle des exigences désignées sous le terme de « cibles ».

Les 14 « cibles » retenues sont classées selon deux domaines et quatre familles.

Groupe I : Maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur

Première famille : Eco-construction

Relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat

Choix intégré des procédés et produits de construction

Chantier à faibles nuisances

Deuxième famille : Éco-gestion

Gestion de l'énergie

Gestion de l'eau

Gestion des déchets d'activité

Gestion de l'entretien et de la maintenance

Groupe II : Création d'un environnement intérieur satisfaisant

Troisième famille : Confort

Confort hygrothermique

Confort acoustique

Confort visuel

Confort olfactif

Quatrième famille : Santé

Conditions sanitaires des espaces

Qualité de l'air

Qualité de l'eau

La démarche HQE® est en quelque sorte une trame, mais avant de suivre cette trame, il va falloir établir très en amont de votre projet ce à quoi vous voulez aboutir et comment y arriver.

La réussite d'une démarche HQE® MI passe par la création d'un SME (système de management environnemental) ; celui-ci sera mis en place par votre constructeur pour l'ensemble des opérations. Les bénéfices obtenus seront d'ordre organisationnel, technique et financier. Le SME doit être mis en place dès les premières phases du projet afin de pouvoir anticiper les différentes étapes et accompagner le projet avec les outils les mieux adaptés.

La mise en œuvre d'un système de management environnemental doit s'appréhender étape par étape tout en gardant à l'esprit qu'il est indispensable de mettre sur pied une nouvelle ingénierie.

Les choix que vous allez opérer seront vitaux pour l'avenir de votre projet.

Travail sur l'environnement extérieur

Celui-ci est en partie traité par la cible 1 qui est primordiale dans l'acte de construire, car il conditionnera l'environnement immédiat telle que la position de votre maison sur la parcelle, le site formant le cadre de votre maison, la position de votre construction par rapport au soleil, vent et autres intempéries et ne sera plus modifiable par la suite.

Recherche de la meilleure position de votre maison par rapport à la course du soleil.

Éviter que votre maison soit encaissée par rapport aux autres bâtiments.

Éviter qu'elle soit trop exposée aux éléments tels que le vent et envisager alors une haie suffisamment haute pour la protéger.

Connaître les risques d'inondation éventuels.

S'informer sur la nature du sol si vous envisagez de faire de la géothermie verticale ou horizontale (un sol argileux n'est pas favorable par exemple).

Travail sur l'environnement intérieur

Travailler sur la quantité de lumière naturelle en utilisant le facteur de lumière du jour et les paramètres de la lumière naturelle (surfaces vitrées, volumétrie de la pièce, couleur des parois). Il est essentiel de modéliser la qualité de la lumière naturelle par rapport aux différents usages afin d'éviter les éblouissements, les contrastes et l'uniformité.

Développer une stratégie adaptée aux habitations des particuliers avec une bonne protection solaire en travaillant sur la qualité des vitrages (faiblement émissifs ou de type ITR, sur la modulation de la lumière).

Effectuer des simulations afin d'identifier les déperditions d'enveloppe (déperditions par l'air, les parois, les systèmes de ventilation), les facteurs de confort d'été de plus en plus importants (matériaux à très forte inertie thermique), les choix des conforts d'été (rafraîchissement par plancher, puits canadien ou confort assuré par des systèmes passifs).

Les choix dans ce domaine doivent être effectués de manière cohérente, car ils ont un effet déterminant sur le confort thermique, acoustique et visuel ainsi que sur les économies d'énergie.

Énergie

Il s'agit de trouver des compromis entre considérations environnementales (impact minimum) et considérations techniques (performances énergétiques et d'isolation).

Il faut tout d'abord éliminer les ponts thermiques (obligation résultant de la RT 2005) ; on dispose pour cela de solutions, telles que l'isolation répartie par l'extérieur ou l'intérieur avec traitement des ponts ou rupteurs en rénovation et choix de structure extérieur à forte voir très forte inertie thermique.

En ce qui concerne les luminaires, on suivra les principes de la RT 2005. On optimisera la gestion de l'éclairage par la prise en compte des apports en lumière naturelle et l'utilisation d'ampoules fluocompactes ou basse consommation (led...), dans les endroits restant allumés soit en permanence, soit plus de trois heures par jour, mais aussi par la mise en place de détecteurs de présence en extérieur à l'arrivée, lampes à accumulation solaires pour le bornage, par exemple.

Nous allons détailler tous ces éléments et vous donner les alternatives possibles pour atteindre ce pari, d'être autonome en énergie.

2

Choix des matériaux

L'objectif environnemental de la construction de votre maison, dont le but est d'être autonome sur l'année en énergie, sera de répondre au mieux à un certain nombre de préoccupations dès la phase de programmation, puis la conception, la réalisation, la livraison de votre pavillon.

La majorité des préoccupations se réfèrent aux cibles de la démarche HQE®. En premier lieu, il s'agit d'établir une relation harmonieuse de votre maison avec son environnement immédiat. Cette cible est primordiale, car il s'agit d'analyser et évaluer votre terrain ainsi que le site sur lequel il se situe (climat, milieu physique, course par rapport aux rayons du soleil en été comme en hiver, pollutions éventuelles du sol, raccordement à l'assainissement, risques d'inondations…).

Ensuite, il vous faudra choisir les matériaux et équipements de votre maison. Ceux-ci devront avoir l'impact le plus faible possible sur l'environnement et la santé et constitueront la base de la réussite de votre projet.

Le choix des matériaux de construction s'avère important dans la mesure où il faut choisir des matériaux à forte voire très forte inertie thermique, donc isolant très bien du froid en hiver et du chaud en été. Il faudra également se préoccuper de leurs performances environnementales.

Une approche environnementale de la construction se traduit toujours par une économie en matière de coût de maintenance et d'exploitation. En effet, cette démarche n'entraîne pas des surcoûts mais conduit à un transfert des coûts différés vers des coûts d'investissements initiaux. Elle implique, certes dans une moindre mesure, un transfert des coûts de construction, d'exploitation et de maintenance vers les coûts d'étude. Lorsque la démarche est appliquée dans les règles de l'art, on obtient à coup sûr une élévation du niveau général de qualité et une rentabilité économique directe à moyen terme.

D'autre part, cette approche nous conduit, contrairement à ce qu'il se faisait jusqu'alors, à intégrer les coûts indirects concernant l'impact des bâtiments sur leur environnement au titre de la construction, de l'exploitation, de la destruction jusqu'à la remise en état des terrains. À cela, on ajoutera les coûts liés au fonctionnement urbain, induits par l'ouvrage et ses utilisateurs, ainsi qu'au confort et à la santé des occupants.

Ce type de démarche permet :

- une réduction de la contribution au réchauffement de la planète mesurée en « tonnes équivalent carbone »,
- des économies sur la consommation d'énergies non renouvelables et de ressources naturelles,
- une contribution à la limitation de la pollution de l'air, de l'eau, du sol,
- une infiltration in situ des eaux pluviales, afin de réduire la charge des réseaux collectifs et lutter contre les inondations,
- une réduction des dépenses de santé grâce à la construction de bâtiments sains, réalisés avec des matériaux ou des produits sans dangers sanitaires.

La prise en compte de tous ces coûts vient bouleverser l'économie classique de la construction et fait émerger un concept de « coût global partagé » qui sera intégré au coût global sur la durée de vie des bâtiments.

Seule l'acquisition progressive de données de plus en plus précises et ce malgré un caractère hétérogène, permettra à terme d'obtenir des fourchettes de « coût global partagé » significatives.

L'exercice demeure pertinent, il doit être appliqué à l'enveloppe mais aussi au **poste énergie** (chauffage, eau chaude sanitaire, éclairage, équipements électriques) pour la part que celui-ci représente dans le coût d'exploitation et pour la part des impacts sur l'environnement. Les consommations d'énergie des secteurs résidentiel et tertiaire représentent 40 % des consommations du pays. Sur la durée de vie d'un bâtiment, l'énergie produit 70 à 80 % des impacts environnementaux.

À cet égard, la démarche environnementale que nous allons préconiser contribuera à améliorer la qualité énergétique des bâtiments en privilégiant simultanément :

- une conception judicieuse de l'enveloppe (matériaux, isolation, orientation des ouvertures…),
- des technologies de construction adaptées et économes (en eau, en énergie, en matériau d'assemblage, en temps mis pour construire…),
- l'utilisation d'énergie renouvelable et de matériel plus économe en énergie,
- des équipements plus performants,
- des modes de gestion efficace.

Toutes ces dispositions nous permettent de proposer la construction d'une maison individuelle autonome en énergie sur l'année, et ce, où que vous soyez en France métropolitaine ou DOM et TOM.

La structure gros œuvre constitue l'enveloppe et la base de la construction de votre maison. Elle doit faire l'objet d'une étude approfondie tant technique, qu'économique ou environnementale. La construction de bâtiment intégrant la notion de développement durable a « révolutionné » le domaine de la construction.

En matière de structure de l'enveloppe, il me semble intéressant de privilégier diverses possibilités, en étudiant lesquelles sont possibles et pourquoi, et, surtout, de voir que l'enveloppe joue un rôle majeur dans la gestion thermique d'été et d'hiver et qu'il est de fait important de privilégier des matériaux à forte voire très forte inertie thermique.

Nous étudierons donc les possibilités de l'ossature bois, de la brique Monomur en terre cuite et de la Monomur thermopierre, et enfin, d'un complexe appelé Euromac2.

La structure bois

Il existe de nombreuses possibilités en matière de structure bois. Vous pouvez opter pour une maison avec des murs en madriers de bois massif, des murs en madriers lamellés-collés, ces dernières étant peu adaptées même pas du tout à un habitat urbain et enfin des maisons à ossature bois, très bien adaptées au milieu urbain puisque d'extérieur elles sont d'aspect identique à une maison classique. Les fondations de ces maisons sont en béton.

En matière d'isolation, le standard reste la laine de roche de 100 mm pour le plancher, de 200 mm avec pare-vapeur au plafond et de 100 mm pour les murs.

Les avantages résident dans le fait que le bois est un matériau sain ne générant ni radon, ni électricité statique. Le bois se protège de façon naturelle puisqu'il contient des polyphénols d'origine végétale qui ont un effet désinfectant. C'est aussi un excellent régulateur thermique et hygrométrique, régulant l'humidité ambiante comme tous les matériaux cités ci-dessous.

L'un de ces nombreux avantages résident dans sa légèreté, il résiste très bien à la traction et à la compression dans le sens de l'axe de l'arbre. Il possède des propriétés isolantes importantes ce qui permet de faire des murs porteurs moins épais. Les maisons

sont donc plus légères qu'en construction traditionnelle, et les fondations moins importantes.

Le bois est un très bon isolant aussi bien en hiver qu'en été et participe de fait à cette grande inertie thermique nécessaire tant en hiver, pour garder la chaleur à l'intérieur, qu'en été, pour garder la fraîcheur. Il diminue de manière conséquente la consommation de chauffage en hiver.

Les maisons à ossature bois massive type « Marles » citées dans le tableau comparatif ont des qualités de confort quasi similaire et sont parfaitement adaptées à une construction urbaine.

Un des avantages de ce type de structure est la rapidité de construction. En effet, les éléments sont fabriqués en usine, les huisseries et les portes sont directement intégrées sur la structure et les boîtes et les gainages sont aussi posés en usine afin de garder l'étanchéité de l'ensemble et éviter les ponts thermiques. La fabrication en usine est de moins d'un mois et votre maison est livrée et construite (livraison clés en main) en moins de 4 mois.

1. panneau Knauf
2. pare-vapeur
3. colombage bois
4. laine de roche
5. traverse de soutien
6. traverse de montage
7. profil
8. isolation extérieure
9. filet armé
10. fond d'adhérence pour crépi

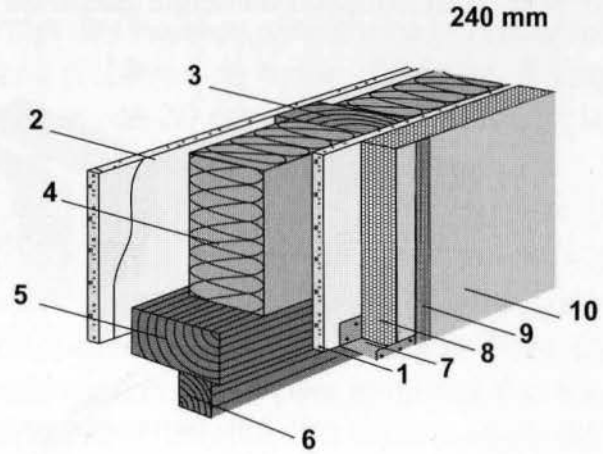


Fig. 2.1 – Exemple de structure d'un mur Eco-concept

Ce type de structure confère au mur « basic », un $U_{bat} = 0{,}21$ W/m²K sachant que le U_{bat} de référence RT 2005 est de ≤ 0,45 W/m²K. Ce type de structure répond donc bien aux exigences de la RT 2005.

La brique Monomur terre cuite

Mes préconisations pour la structure des bâtiments iront vers des produits de construction à forte inertie tels que la brique Monomur terre cuite de 30 ou 37,5 cm. Celle-ci ne nécessite pas de doublage isolant ni par l'intérieur, ni par l'extérieur. C'est ce que l'on appelle un matériau auto-isolant. Cette isolation thermique est en fait une combinaison de l'isolation et de l'inertie thermique obtenues par une multiplication des alvéoles d'air et un allongement du parcours thermique traversant le mur. De plus, l'addition de boue, de bois ou encore de papier procurent dans la terre cuite de petites bulles d'air contribuant aussi à une meilleure isolation tout en apportant la masse indispensable à une bonne régulation thermique pouvant atteindre 400 kg par mètre carré.

La brique Monomur

En hiver, la brique absorbe la chaleur du chauffage et la rediffuse en douceur par rayonnement et permet de diminuer d'environ 10 % la consommation d'énergie quelle qu'elle soit.

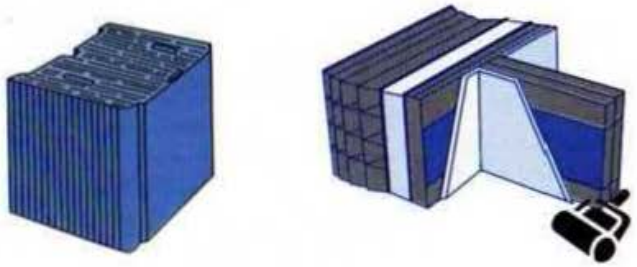


Fig. 2.2 – Briques Monomur

En été, elle régule de manière naturelle la température et permet de garder la fraîcheur de la ventilation nocturne toute la journée compte tenu de sa très grande inertie thermique et à condition que vous n'ayez pas laisser entrer la chaleur la journée en ouvrant les fenêtres.

Résistance thermique et isolation

En ce qui concerne les données techniques, on prendra celles de la brique de 30 cm en technique roulée joint mince et enduite sur les deux faces. La résistance thermique de ce produit est $R = 2,57$ m².K/W avec un coefficient $Up = 0,37$ W/m².K. Ce coefficient est appelé coefficient de transmission thermique, plus il est proche de zéro, meilleure est l'isolation. La RT 2005, entrée en vigueur le 1er septembre 2006, préconise une valeur maximale de 0,45 W/m².K pour les murs en contact avec l'extérieur ou le sol.

L'isolation phonique prise en compte dans la démarche HQE est de $R_w = 41$ dB et l'humidité d'équilibre est inférieure à 0,5 % en poids.

De plus, ce matériau est l'un de ceux qui ont la plus grande résistance mécanique $R_m = 8$ Mpa soit 80 kg/m² ou encore 240 tonnes/ml. À titre de comparaison, celle du parpaing est de 4 Mpa et celle de la thermopierre 2,5 Mpa.

Ce type de briques permet des hauteurs sans chaînage horizontal jusqu'à 6 mètres et sans problème de tenue d'isolation. À titre comparatif, pour un matériau de 20 cm d'épaisseur classique, la hauteur sans chaînage est de 4 mètres.

Pose et manutention

Le choix ne s'est pas uniquement fait sur des critères techniques. En effet, la brique est composée en majorité de terre et d'eau. La terre se trouve en abondance dans notre pays et ne nuit pas à la préservation de l'environnement. En effet, lors de la cuisson des briques, des fumées sont émises. Elles sont épurées par des systèmes de filtration très performants.

La manutention de ces briques est facilitée grâce à un poids raisonnable d'environ 18 kg par brique. Des systèmes de portage permettent de limiter les problèmes physiques des maçons.

En matière de pose, le gain de temps est estimé à 30 % par rapport à une maçonnerie classique. De plus, la technique du joint mince permet de réduire de 98 % la consommation de mortier.

Par ailleurs, la quantité d'eau nécessaire à la fabrication du joint mince est 10 fois moins importante que pour du mortier classique.

Installation électrique et finition

En ce qui concerne l'installation électrique et la pose des gaines, elles sont régies par le DTU 70.1 (installation électrique des bâtiments à usage d'habitation). Vous utiliserez alors une rainureuse électrique ou une hachette. Les gaines se logeront facilement dans les alvéoles verticales. Il est préférable d'effectuer les saignées avant la pose de l'enduit.

La finition intérieure est généralement en plâtre manuel, projeté à la machine ou en plaques. Vous pourrez aussi utiliser des enduits à la chaux. Si vous choisissez de mettre un revêtement sur votre brique, consultez les documentations du CSTB ou les avis techniques afin d'éviter tout problème ultérieur.

Pour l'extérieur, vous utiliserez des enduits extérieurs traditionnels à trois couches, appliqués manuellement, des enduits à deux couches, projetés manuellement ou des enduits extérieurs « prêts à l'emploi ».

Pérennité de la construction par brique « Monomur »

Elle garde ses propriétés durant toute sa durée de vie.

Si l'on prend la brique Monomur de 30 cm en technique roulée, le prix est de 65 € ht/m^2.

La Monomur Thermopierre ou béton cellulaire

Le béton cellulaire, encore appelé thermopierre, est un béton très léger. C'est une combinaison d'eau, de sable siliceux, de ciment,

de chaux et d'air. La chaux va réagir au contact de la poudre d'aluminium présente dans une proportion de 0,05 % en dégageant de l'hydrogène, gaz qui va créer les pores. Après durcissement, on obtient un matériau assez léger d'une densité de 400 kg/m^3 et contenant des milliers de bulles d'air piégées (jusqu'à 80 % du volume) lui conférant d'excellentes caractéristiques thermiques. De plus, l'agent d'expansion, provenant du recyclage après liaison chimique avec la chaux, forme des aluminates de calcium non toxiques.

En ce qui concerne les caractéristiques de la thermopierre, celle-ci possède une inertie thermique importante et permet une correction efficace des ponts thermiques.

Pour un bloc d'épaisseur 30 cm, identique à celle de la brique Monomur terre cuite étudiée ci-dessus, on notera un $R = 2{,}67$ m^2.K/W donc un peu plus favorable que le produit ci-dessus avec $Up = 0{,}35$ W/m^2.K.

La thermopierre présente une résistance au feu exceptionnelle, car supérieure à 6 h.

L'isolation phonique prise en compte dans la démarche HQE est de $R_w = 49$ dB.

Estimation des bâtiments en R+1 : RCH : murs porteurs en thermopierre de 30,00 cm d'ép. 1er étage : murs porteurs en thermopierre de 25,00 cm d'ép. Coût total moyen au m^2 HT de murs de façades (vide pour plein) = 103,00 €/m^2 HT.

La structure Euromac2

Ce système constructif est composé de deux parois de coffrage isolant en PSE (polystyrène expansé de haute densité) reliées par des entretoises métalliques renforcées dans leur partie latérale par des fers plats. Un tel système permet de couler le béton à l'intérieur de ce coffrage jusqu'à une hauteur de 3,6 m en une seule fois.

Ce type de mur est totalement parasismique et a une épaisseur variable de 0,25 m à 0,45 m avec une très bonne isolation phonique et thermique. Outre ses qualités exceptionnelles d'isolation thermique, il assure une très bonne isolation phonique ainsi qu'un effet coupe-feu variant de 90 à 120 minutes, en fonction de l'épaisseur du mur. Il possède de fait une isolation par l'intérieur et l'extérieur avec un coefficient U = 0,117 donc une résistance thermique R = 8,54 m^2.K/W, supprimant ainsi tous les ponts thermiques et assurant une protection totale du bâti. Ce type de construction permet des hauteurs importantes – jusqu'à 10 étages – et des sous-sols enterrés.

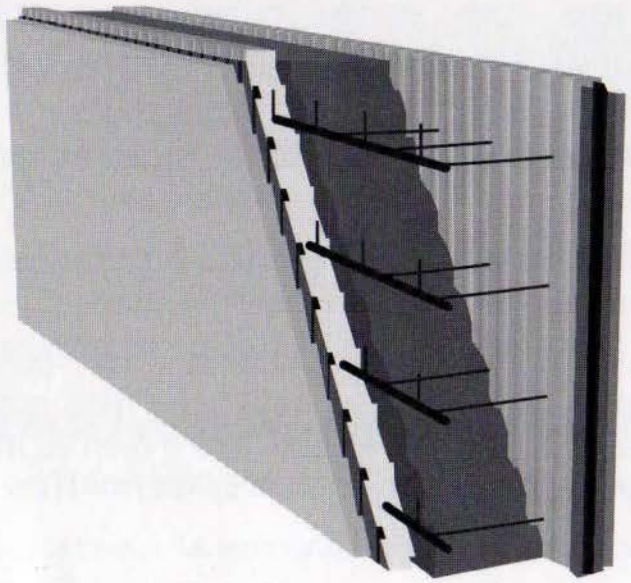


Fig. 2.3 – Exemple de structure de mur Euromac2

Il possède, entre autres avantages, d'être rapide à la pose puisque le gros œuvre peut-être réalisé en moins de 10 minutes du mètre carré, monté, coulé et bien sûr très bien isolé. Le module de base mesure 1,75 m de long pour une hauteur de 0,60 m et est totalement manu-portable et léger.

Comparaison des quatre systèmes

Tableau comparatif des quatre systèmes par rapport au parpaing

Système	Classique parpaing	Structure Bois « Marles »	« Monomur » brique terre cuite	« Monomur » thermopierre	Stucture « Euromac2 »
Isolation thermique	R = 0,19 m^2.K/W	R = 4,76 m^2.K/W	R = 2,67 m^2.K/W	R = 2,3 m^2.K/W	R = 2.77 à 8,54 m^2.K/W
Isolation phonique	R_w = dB	R_w = 52 dB	R_w = 43 dB	R_w = 49 dB	R_w =
Résistance mécanique	R_m = 4 Mpa	variable	R_m = 8 Mpa	R_m =,5 Mpa	
Confort été/ hiver	non	oui	oui	oui	oui
Correction pont thermique	non	oui	oui	oui	oui
Résistance au feu	A1		A1	A1	A1
Prix du système complet en € ht/m^2	parpaing : 45 € Isolant int. PSE : 25 € Enduit ext. : 20 € Total : 90 €	765 €/m^2 de surface au sol	PorothermR30 : 65 € Enduit int. plâtre : 12 € Enduit ext. : 20 € Total : 97 €	Thermopierre 30 : 70 € Enduit int. plâtre : 12 € Enduit ext. : 20 € Total : 102 €	45 € (hors béton et main-d'œuvre)

Pour ma part, je suis très favorable à la brique terre cuite Monomur tant pour ses qualités mécaniques que thermiques. Ce matériau me semble, sur l'ensemble de l'étude, le mieux adapté à une construction écologique, car il régule bien la température grâce à une inertie thermique de 12 heures environ. Le produit Euromac2 permet de construire des maisons voire des collectifs jusqu'à 10 étages avec un produit à forte inertie thermique.

Au niveau prix, il me semble que ce ne soit plus un critère, car en termes de coût ou de surcoût tous les produits sont de prix quasi-équivalents.

3

Isolation et performance thermique

Le coût croissant de l'énergie, la volonté de préserver l'environnement, le besoin de confort accru, tous ces éléments sont à l'origine de systèmes d'isolation thermique et acoustique de plus en plus performants, sachant que l'objectif annoncé pour 2050 vise à diviser par quatre ou cinq les consommations d'énergie dans tous les bâtiments. C'est l'un des seuls moyens d'inverser la tendance du réchauffement de la planète, d'après les spécialistes.

Dans le cas qui nous préoccupe, l'approche est plus simple puisque nous sommes dans le cas d'une construction « écologique », donc les matériaux de la structure de votre maison, c'est-à-dire les murs extérieurs sont à forte voire très forte inertie et les huisseries très isolantes. L'isolation concernera donc les plafonds et les combles.

L'isolation des combles et de la toiture

Isoler la toiture est un objectif prioritaire. On estime que plus de 30 % des déperditions de chaleur d'un bâtiment s'effectuent par le toit, tout simplement parce que l'air chaud monte. Si vous n'envisagez pas d'utiliser vos combles, je vous conseillerai de poser votre isolant directement sur le plancher de celles-ci. La chaleur ou le froid emmagasinés ne pénétreront pas dans votre habitation. Si vous souhaitez aménager par la suite cet espace, mieux vaut poser votre isolant sous le toit.

Cette partie de l'habitat doit donc bénéficier d'une isolation performante et bien mise en œuvre afin d'éviter des problèmes de condensation et de pourrissement de la charpente. La RT 2005 exige une résistance thermique minimale de $R = 3{,}68\ m^2.K/W$ et de $R = 4{,}83\ m^2.K/W$ minimum pour obtenir une performance apportant des économies d'énergies conséquentes.

L'isolation des combles est essentiellement réalisée avec des laines minérales, perméables à la vapeur d'eau. Les isolants sont donc revêtus d'un pare-vapeur pour les protéger de la condensation d'eau occasionnée par les locaux chauffés.

Les isolants naturels

Les isolants dits « naturels » sont d'origine végétale ou animale : chanvre, laine de mouton, fibres de bois, plumes d'oie, lin, coco, liège, laine de coton. Leur présentation est classique : en vrac, en panneaux semi-rigides et en rouleaux. Leur mise en œuvre est aussi aisée que les laines minérales. Ils sont très appréciés des poseurs, car ils ne provoquent pas les irritations que l'on connaît avec d'autres matériaux. En termes de performances thermiques, ils s'inscrivent dans la moyenne basse des laines minérales. Sur le plan acoustique, bien que peu d'essais soient réalisés, leur nature fibreuse doit amener à des résultats comparables aux laines minérales.

Pour la pose sous toiture, mes préconisations iront vers les panneaux de laine de roche avec pare-vapeur pour éviter toute condensation d'eau nuisant à long terme à la qualité de l'isolant. La laine de roche constituée en grande partie de basalte est en effet, un très bon isolant thermo-acoustique, qui ne s'effritent plus aussi facilement. Elle existe en panneaux semi-rigides ainsi qu'en rouleaux, rendant sa pose plus aisée.

Le PSE (polystyrène expansé) semble aussi un excellent compromis, qui a, entre autres avantages, d'être totalement recyclable, très léger à manipuler, imputrescible. Il bénéficie d'un excellent rapport qualité/prix.

Le vitrage

Dans l'idéal, votre maison aura une surface vitrée de 16,6 % de votre surface au sol. La surface vitrée d'une fenêtre représente 70 % de la totalité de la surface. La qualité du verre est devenue, au cours de ces dernières années, primordiale : en effet, le verre doit allier de nombreuses qualités telles que laisser une grande luminosité tout en étant à haut pouvoir d'isolation thermique, phonique, anti-projectiles, antichoc, voire anti-effraction.

La technique du double vitrage existe depuis fort longtemps. Elle consiste à enfermer une lame d'air entre deux vitres. Le vitrage devient isolant lorsque l'air, emprisonné entre deux vitres, est immobile et sec, et les vitres, solidarisées sur leur pourtour par un profilé métallique, l'empêchent de s'en aller. Mais ce n'est plus suffisant, il doit maintenant permettre à la chaleur de rester dans le logement l'hiver et dehors l'été, entre autre.

Le pouvoir isolant s'exprime par le coefficient U ($W/m^2.K$). Plus ce coefficient est petit, meilleure est la performance du vitrage. À titre d'exemple, on donnera le coefficient d'une vitre simple de

4 mm que l'on trouvait dans tous les logements voici quelques dizaines d'années et que vous pourrez encore trouver dans les logements anciens, U = 6 W/m².K, la RT2005 préconise un U_{max} = 2,6 W/m².K, ce qui signifie en clair qu'une fenêtre, en bois double vitrage standard air 4/16/4 n'est plus réglementaire, car sa valeur de U est U = 2,7 W/m².K ; il faut, désormais, une fenêtre bois 4/12/4 air+faible émissivité dont le coefficient est U = 2,2 W/m².K. Les deux tiers des déperditions thermiques s'effectuent par rayonnement. L'idée est donc venue d'appliquer une fine couche d'oxyde métallique sur la face intérieure du double vitrage.

Cette couche dite peu émissive permet de réduire les déperditions thermiques de 60 à 70 %.

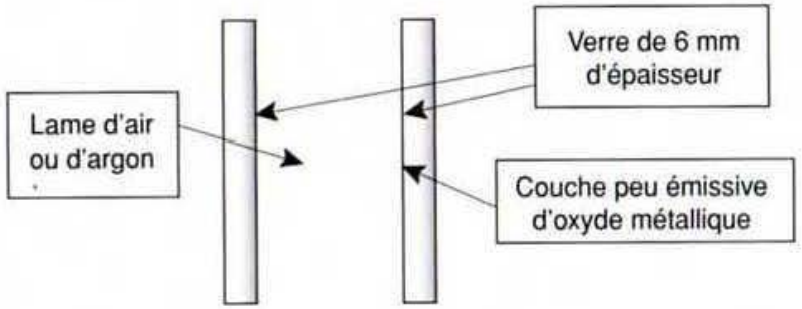


Fig. 3.1 – Exemple de vitrage peu émissif

Appelé ITR (isolation thermique renforcée) ou parfois VIR (vitrage à isolation renforcée), ce procédé permet d'améliorer grandement les performances avec un U variant de 2,3 à 1,9 W/m².K suivant l'épaisseur de la lame d'air. De plus, cela réduit nettement la sensation de vitre froide ainsi que les problèmes de condensation.

Le remplacement de la lame d'air par un gaz naturel rare, surtout non conducteur de la chaleur, permet une amélioration de 26 à 42 % par rapport à un VIR avec lame d'air inoffensif.

Par exemple avec un ITR de 4/12/4 et une lame d'argon, on obtient un U = 1,6 W/m².K contre un U = 2,2 W/m².K pour de l'air, et pour un 4/16/4 U = 1,1 W/m².K avec une lame d'argon, c'est le double vitrage à l'heure actuelle le plus performant.

On exprime l'isolation phonique par l'indice R_w qui est le niveau d'affaiblissement acoustique apportée par une paroi vitrée. Une simple vitre atténue le bruit extérieur de 22 dB et un double vitrage de type 4/12/4 l'atténue de 32 dB, la RT 2005 impose un affaiblissement acoustique de 30 dB.

En matière d'affaiblissement acoustique, la logique consiste à augmenter l'épaisseur de la vitre extérieure du double vitrage pour obtenir un meilleur affaiblissement.

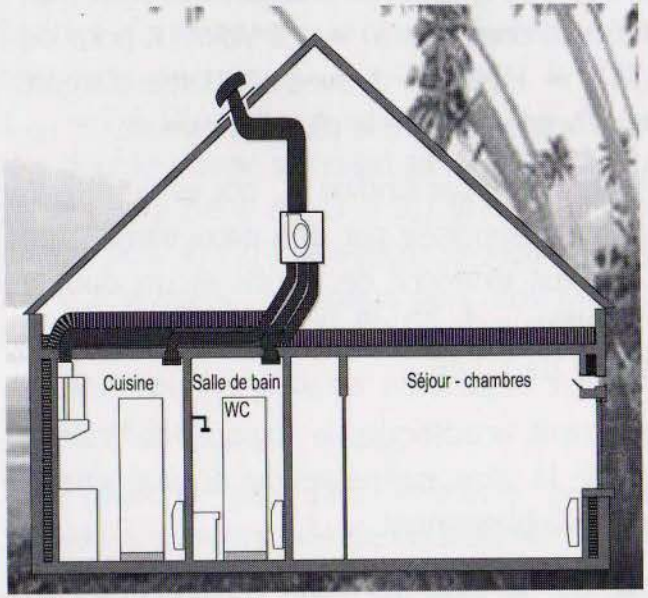
Enfin, lorsqu'il faut atténuer le bruit de façon conséquente, un double vitrage comportant un feuilleté acoustique est une très bonne solution, chère, certes, mais très efficace.

À l'heure actuelle, le type de fenêtre que je préconiserai, apportant le meilleur rapport qualité/prix en termes de confort et tout en respectant la RT 2005 est une fenêtre PVC avec vitrage 6/14/6 et film métallique faible émissivité. Il faudra compter environ 200 € pour une fenêtre à deux vantaux de 125 × 40 cm.

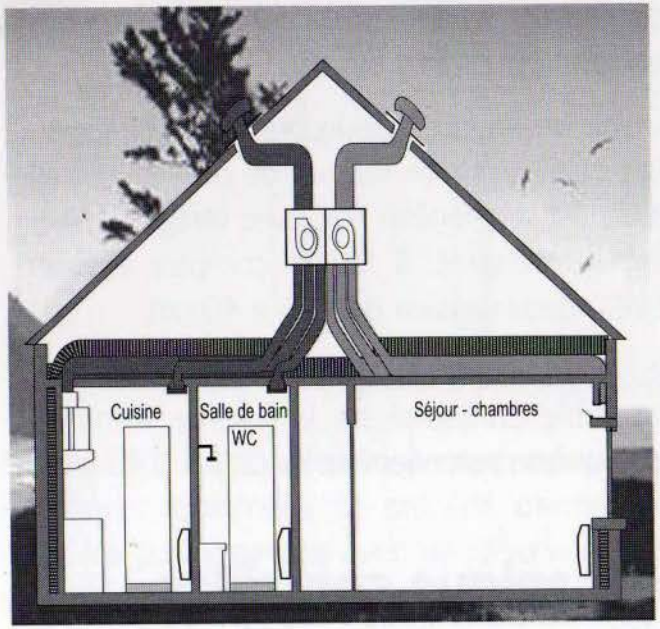
En ce qui concerne les portes-fenêtres, le vitrage sera une 10/10/4 avec un film faible émissivité sur la vitre de 4 mm. Il faudra environ 400 € pour une porte-fenêtre de 215 × 140 cm.

Ventilation mécanique contrôlée

L'amélioration des performances thermiques de l'enveloppe des bâtiments augmente la part relative de la ventilation dans les besoins de chauffage jusqu'à lui faire prendre une part prépondérante. Il est donc nécessaire, dans ces bâtiments, de réduire cette charge thermique due au renouvellement d'air.



VMC simple flux (concept Datec)



VMC double flux (Concept Datec)

Fig. 3.2 et 3.3 – Exemples de VMC

En matière d'aération comme de ventilation, le bon dimensionnement de l'installation demeure la condition sine qua non de la performance de ce système. Une bonne intégration des équipements dans la construction doit également permettre de préserver dans le temps ses performances initiales.

Système de ventilation

L'objectif de la ventilation est de renouveler l'air d'un appartement en extrayant l'air pollué et en le remplaçant par de l'air neuf environ toutes les 3 heures.

En effet, l'air se vice rapidement par l'humidité, les poussières, les odeurs, les fumées de cigarettes, les gaz d'échappement mais aussi le radon ou les gaz formaldéhydes issus des produits ménagers, entre autre, des colles, des agglomérés. Cette pollution est renforcée par le degré d'isolation imposé par les systèmes constructifs actuels. La ventilation est une fonction essentielle dans l'acte de bâtir.

La ventilation est un domaine très réglementé. Pour faire une ventilation conforme, il est nécessaire de respecter le DTU 68-1.

Durabilité et entretien de l'installation

Il est important que l'ensemble des composants de cette VMC soient compatibles entre eux. Tout comme il est indispensable de veiller à leur positionnement afin de faciliter les futures interventions d'entretien et de maintenance. Le démontage du caisson ventilateur, comme celui du caisson de récupération, doit être réalisable sans nécessiter la déconnexion du réseau aéraulique, afin d'effectuer facilement les interventions courantes d'entretien et de maintenance.

Une VMC hygroréglable A est un système possédant des entrées d'air autoréglables donc un débit d'air constant et des bouches

d'extraction hygroréglables donc fonction du taux d'humidité de l'air.

Une VMC hygroréglable B est un système possédant des entrées d'air et des bouches d'extraction hygroréglables donc limitant les pertes de chaleur.

Dans le cas d'une VMC double flux, l'air neuf est soufflé mécaniquement. Ce processus permet une filtration de l'air neuf et dans certains cas une récupération des calories extraites. Toutefois, l'utilisation de 2 moto-ventilateurs génère un accroissement des consommations électriques ainsi qu'un coût d'achat et de mise en œuvre plus important.

Conformément à la RT 2005, on envisagera des systèmes de ventilation de type hygroréglable B, cela permettra de minimiser la charge thermique en réduisant les débits de renouvellement d'air.

Conseil

Serait plutôt préconisée une VMC performante ou double flux, qui préchauffe l'air entrant dans le logement et qui donc diminuera la consommation de chauffage de l'ordre de 20 %. Inconvénient : elle nécessite un entretien très régulier et plus lourd que celle d'une VMC hygroréglable.

4

Énergie et baisse des charges électriques des logements

Éclairage

Quelques conseils :

- Adaptez les sources (ampoules) et leur puissance à vos besoins. Par exemple, en privilégiant les ampoules halogènes de fortes puissances aux activités nécessitant beaucoup de lumière et les lampes à basse consommation ou halogènes très basse tension pour les éclairages d'ambiance.
- Installez des ampoules fluocompactes ou des lampes à basse consommation dans les endroits ayant une durée d'utilisation assez élevée ou servant à la circulation.
- Équipez les circulations et les locaux de service (cave-garage) de systèmes de va-et-vient judicieusement placés ou de détecteurs de présence.

Sachez que vous pouvez réduire considérablement votre facture d'électricité, car une lampe à économie d'énergie (fluocompacte

ou basse consommation) consomme de 3 à 5 fois moins d'électricité. De plus, sa durée de vie est de 6 à 10 fois supérieure à celle d'une ampoule à incandescence classique.

Vous pouvez toujours mettre une lampe basse consommation sur un luminaire n'acceptant que des lampes incandescentes.

Les lampes basse consommation sont certes plus chères à l'achat mais la différence de prix est très vite amortie compte tenu du très faible coût d'utilisation.

Ces lampes ne dégagent quasiment pas de chaleur et respectent davantage l'environnement.

Les différentes sources d'éclairage

Le tableau ci-dessous vous résume les avantages, les inconvénients et le coût des différentes sources :

Sources	Avantages	Inconvénients	Coût
Incandescence classique	Peu onéreuse Formes variées (flamme, sphérique ou classique)	Dégage beaucoup de chaleur Efficacité lumineuse médiocre	1 heure d'éclairage avec une ampoule de 100 W revient à 1,14 c€
Incandescence halogène	Agréable dans les pièces de vie (salon) Bien adaptée pour la lecture ou les travaux minutieux	Dégage beaucoup de chaleur Chère à l'usage	1 heure d'éclairage avec une ampoule de 500 W revient à 5,72 c€
Lampe fluo-compacte	Consomme 4 à 6 fois moins d'électricité à quantité de lumière égale Durée de vie de 8 à 10 fois plus importante Bon rendu des couleurs Peu de chaleur dégagée	Besoin d'un certain temps pour atteindre sa puissance maximale Plus chère à l'achat Peu décorative Utilisée dans les pièces nécessitant + de 3 h éclairage/j	1 heure d'éclairage avec une ampoule de 20 W donc équivalent à 100 W incandescent revient à 0,23 c€
Tubes fluorescent	Consomme 4 à 6 fois moins d'électricité à quantité de lumière égale. Durée de vie de 8 à 10 fois plus importante Plusieurs couleurs de lumière	Plus fonctionnel que décoratif Utilisé dans les pièces nécessitant + de 3 h éclairage/j	1 heure d'éclairage avec un tube de 18 W et de 60 cm revient à 0,29 c€

Source EDF

Le coût de chacune des sources a été calculé sur la base de l'équivalence d'une ampoule de 100 W incandescente.

En ce qui concerne la source, nous préconisons les marques Philips ou Osram pour la qualité et le rendu des produits.

L'installation

Il est important et maintenant obligatoire d'avoir un certain nombre de disjoncteurs différentiels 30 mA, leur nombre est fonction de la surface de votre habitation, ceux-ci ont pour unique vocation de protéger les personnes en cas de contact avec un fil de phase ou de fuite de courant.

Surface habitable	Nombre et type d'interrupteurs différentiels
S < 35 m²	1 interrupteur différentiel de type AC + 1 interrupteur différentiel de type A
35 < S < 100 m²	2 interrupteurs différentiels de type AC + 1 interrupteur différentiel de type A
S > 100 m²	3 interrupteurs différentiels de type AC + 1 interrupteur différentiel de type A

L'interrupteur différentiel de type AC est déterminé en fonction de l'abonnement EDF que vous avez souscrit. La puissance souscrite doit être de 40 ou 63 A.

Un interrupteur différentiel de 63 A est obligatoire si vous avez fait le choix du chauffage électrique et que la puissance de celui-ci est supérieure à 8 000 W.

L'interrupteur de type A assure la protection des appareils ménagers présents dans votre cuisine.

Les différentes catégories de ballast

Ballast e-Kyoto : ballast électronique intégré d'un coût relativement modique dont l'inconvénient majeur est de ne pouvoir être allumé que **trois fois par jour maximum**. Il est donc adapté à

des endroits allumés en permanence, des dépôts, des circulations dans des endroits publics ou pièces très peu utilisées. Vous pouvez employer ce type de ballast pour une cave, un débarras ou encore un garage.

Ballast de type A1 : ballast servant à la gestion de l'éclairage encore appelé « éclairage intelligent » comme des cellules asservies aux apports du jour ou de la luminosité ou bien par la présence de personnes.

Ballast de type A2 : ballast électronique dit à cathode chaude donc « préchauffage » du tube impliquant de fait une durée de vie plus longue de celui-ci, ce type de ballast est celui qui concerne le plus les particuliers.

Ballast de type A3 : ballast électronique à cathode froide.

Baisse des charges électriques des logements

On veillera à la réduction des veilles en installant des prises de courant commandées par interrupteur pour l'alimentation du poste TV et audiovisuel à proximité de la prise d'antenne TV.

La salle d'eau principale dispose d'une surface vitrée et translucide, d'environ 1/6 de la surface au sol du local, donnant sur l'extérieur. Cette disposition améliore le confort et est de nature à éviter le recours systématique à l'éclairage artificiel dans la journée.

Enfin, la réduction de l'usage thermique de l'électricité se fera par mise en place d'une double alimentation du lave-vaisselle EF/EC permettant l'utilisation de l'eau chaude collective produite par la géothermie.

5

Chauffage

En matière de chauffage, on essaiera de privilégier les énergies renouvelables surtout dans le neuf. À ce titre, trois énergies renouvelables semblent s'adapter à la maison individuelle, le solaire, le bois-énergie et la géothermie.

Le solaire

En matière d'énergie solaire, plusieurs choses peuvent vous être proposées, l'eau chaude sanitaire et le plancher solaire direct (PSD) pour le chauffage.

Le principe

Le système consiste à récupérer la chaleur du soleil. Pour cela, on fait circuler de l'eau froide additionné d'antigel dans un circuit fermé que l'on fait passer par un capteur solaire placé sur votre toit, de préférence orienté plein sud pour récupérer le maximum de chaleur. Votre capteur est constitué d'une plaque et d'un tuyau en serpentin. Ils constituent l'absorbeur, le tout est enfermé dans un réceptacle rigide thermiquement isolé. Sa partie supérieure est équipée d'une vitre résistant aux intempéries (glace, grêlon…)

laissant pénétrer les rayons du soleil et retenant la chaleur comme une sorte de serre.

Ensuite, un circuit primaire étanche et calorifugé contenant de l'eau additionnée d'antigel s'échauffe en passant dans les tubes du capteur et se dirige vers le ballon de stockage où il restitue ses calories solaires à un échangeur thermique placé dans le ballon d'eau. Et ainsi de suite : le liquide primaire repart vers le capteur où il est à nouveau chauffé tant que l'ensoleillement est efficace.

Le ballon d'eau chaude sanitaire

Le ballon d'eau chaude sanitaire est une cuve métallique bien isolée qui constitue la réserve en eau chaude sanitaire. L'eau chaude soutirée est remplacée immédiatement par la même quantité d'eau froide du réseau qui est à nouveau réchauffée.

Ces systèmes de chauffe-eau solaire sont aujourd'hui extrêmement performants même si l'on peut regretter que le rendement maximum soit en été quand on en a le moins besoin.

Cette énergie solaire, gratuite, non polluante et inépuisable, peut aussi couvrir une partie des besoins en chauffage de votre habitation : on parle de systèmes solaires combinés. Celui-ci peut couvrir de 25 à 60 % de vos besoins annuels en matière de chauffage. C'est ainsi qu'une installation couvrant 52 % des besoins à Marseille (9300 kWh) économisera 4830 kWh alors que la même installation placée dans la même maison à Strasbourg couvrira 30 % des besoins sur une consommation de 16 300 kWh.

Cependant, le système solaire combiné est plus difficile à mettre en place dans la mesure où l'on a besoin d'eau chaude sanitaire toute l'année alors que l'on n'a besoin de chauffage qu'à certaines périodes.

De même, la température de l'eau utilisée dans le circuit de chauffage est plutôt basse (entre 30 et 50 °C) alors que pour l'eau chaude sanitaire elle est beaucoup plus chaude (entre 45 °C et 60 °C).

Des systèmes palliant ces difficultés ont donc vu le jour, tels que l'hydro-accumulation. Ce système consiste à stocker la chaleur produite par les capteurs dans un volume d'eau tampon, dans lequel on vient puiser, en cas de besoin. L'énergie indispensable au chauffage est dispersée dans votre habitation soit par des radiateurs basses températures, soit par plancher chauffant : on parlera de plancher solaire direct.

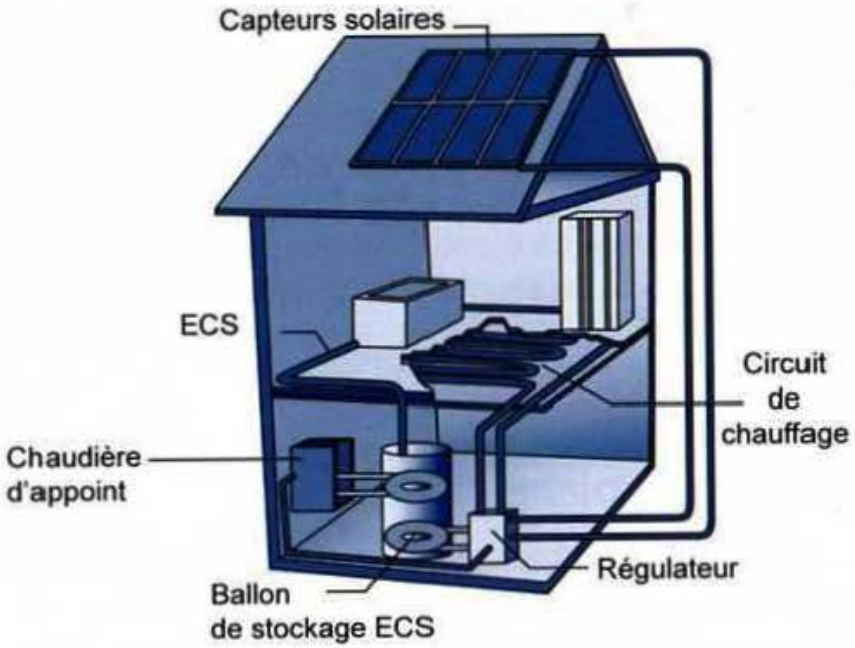
Le plancher solaire direct

Le principe en est relativement simple, le fluide caloporteur est chauffé dans des capteurs solaires thermiques comme pour l'eau chaude sanitaire, puis passe dans le circuit de tuyaux d'un plancher chauffant. Votre dalle placée au-dessus de ce circuit joue le double rôle de stockage et d'émetteur de chaleur. La chaleur restituée est douce et uniforme. Ce système de plancher solaire direct (PSD) est donc plutôt à envisager dans la partie sud de notre pays. Compte tenu de la relative douceur du climat, ce système peut s'avérer suffisant même en hiver. Vous pouvez lui associer soit un poêle à granulé, soit une cheminée, soit un complément électrique.

En été, pour maîtriser les éventuelles surchauffes, il est nécessaire de prévoir une boucle de décharge ou d'autres systèmes.

Voici, page suivante, deux exemples de possibilité de chauffage solaire :

- en figure 5-1 : un système de plancher solaire direct ;
- en figure 5-2 : un système combiné.



5.1 – Système de plancher solaire direct

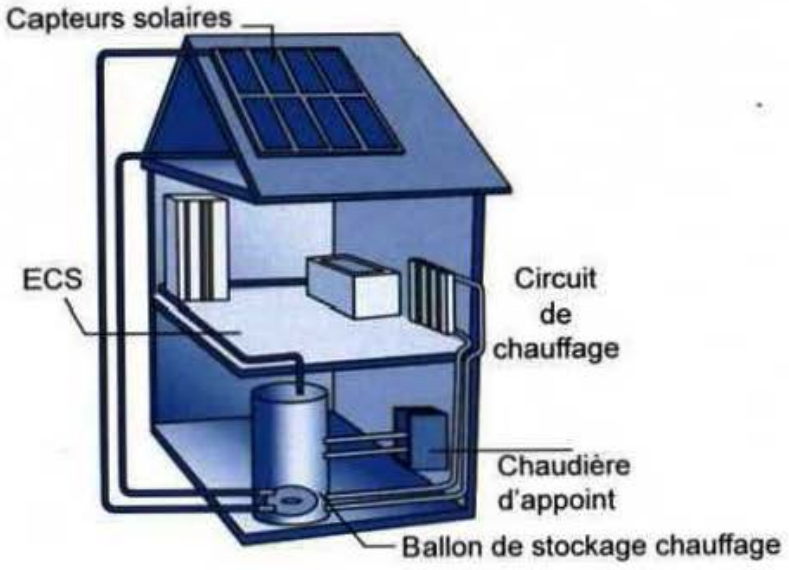


Fig. 5.2 – Système combiné chauffe-eau/chauffage

Source Ademe

Fabricants de panneaux solaires

De nombreux fabricants de panneaux solaires comme de chaudières ou de ballons d'eau chaude se partagent ce marché grandissant.

En voici quelques-uns, (cette liste est non exhaustive et donnée à titre indicatif) :

www.clipsol.com

www.dedietrichthermique.com

www.viesmann.fr

www.buderus.fr

www.sunasol.fr

Le bois-énergie

Le bois-énergie connaît un engouement certain, en particulier chez les personnes ayant choisi de construire à la campagne, ainsi que celles habitant des régions relativement boisées comme l'est de la France.

Le bois-énergie est une énergie renouvelable qui contribue à la lutte contre l'effet de serre et le réchauffement climatique puisqu'il recycle dans l'atmosphère le gaz carbonique qui est absorbé par les forêts. De plus, celui-ci constitue une excellente valorisation des sous-produits et déchets de la filière bois et participe à la gestion rationnelle des forêts, donc au maintien des équilibres hydrologiques et climatiques.

Le principe de fonctionnement

Pour les particuliers, le combustible bois, utilisé par la chaudière, est essentiellement des granulés de bois, fabriqués à partir de sciure compressée à haute pression avec de la vapeur d'eau, en cylindre de bois de 6 à 9 mm. Ces granulés ne génèrent pas ou peu de cendre. Ils sont livrés par camion et entreposés dans un

silo permettant de stocker 7 m³, soit une autonomie d'un an environ. Ce produit possède un pouvoir calorifique de 4 600 kWh/tonne.

Une tonne de granulés correspond à 3 stères de hêtre ou encore 460 l de fioul. Le prix actuel est d'environ 180 €/t livrée, soit 2 160 €/an pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

À noter

Le prix du granulé bois livré a connu une augmentation non négligeable cette année, et il risque de connaître une nouvelle augmentation l'année prochaine. À surveiller !

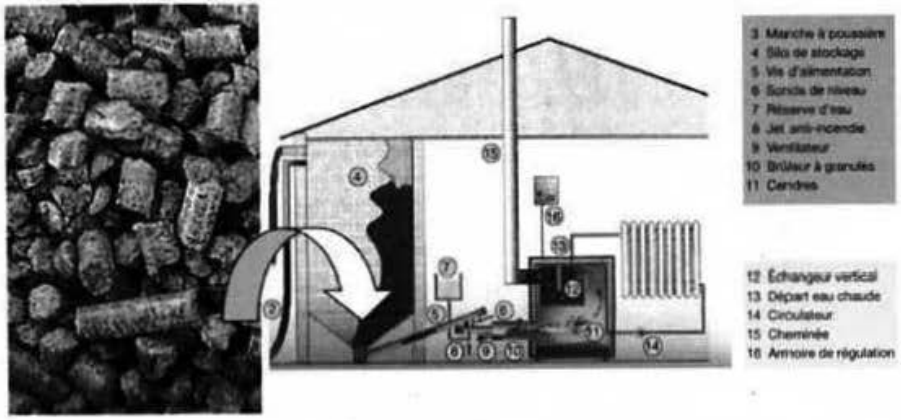


Fig. 5.3 – Exemple de système de chaudière à granulés bois

Le silo est en béton classique et se termine par un cône métallique. Il existe maintenant pour les particuliers des silos en toile spéciale plus souple d'utilisation que le silo en béton. Les granulés descendent par gravité et une vis sans fin alimente un brûleur adapté sur la chaudière d'une puissance de 15 kW. Puis une seconde vis placée dans le brûleur porte les granulés jusqu'au foyer du brûleur. L'air primaire et l'air secondaire nécessaires à la combustion proviennent d'un ventilateur. L'eau chaude sanitaire est aussi produite par cette chaudière en hiver.

En été, un chauffe-eau solaire – dont le coût est d'environ 8 000 € pour 10,5 m² de capteurs intégrés en toiture, le ballon de stockage, la régulation et la pose – prend le relais pour ménager la chaudière bois.

Le coût

Économiquement parlant, le bois énergie est un combustible concurrentiel dont le prix n'est pas soumis aux fluctuations des cours internationaux des monnaies et des carburants. En tant qu'énergie qualifiée de « propre », son emploi ne sera pas concerné par l'application de l'écotaxe sur l'énergie. Certes, le coût d'installation d'une chaufferie reste encore sensiblement plus important pour le bois (environ 15 000 € pour une chaudière granulés) que pour le fioul ou surtout le gaz.

Mais cet inconvénient est désormais pondéré, sur tout le territoire français, par les crédits d'impôts accordés à ces installations. Ces aides permettent d'amortir plus rapidement les investissements et d'ouvrir de nouvelles perspectives au marché des chaudières bois donc d'en baisser progressivement le coût.

L'utilisation de 4 m³ de bois-énergie permet d'économiser 1 tonne de pétrole (tep) et permet également d'éviter l'émission de 2,5 tonnes de CO_2 en moyenne dans l'atmosphère.

Pour aller plus loin

Pour plus d'information sur le chauffage au bois, vous pouvez vous reporter à l'ouvrage *Se chauffer au bois* de Pierre Gilles Bellin, paru aux Éditions Eyrolles.

La géothermie

La géothermie est aussi un principe d'énergie renouvelable, écologique et disponible à volonté. Le chauffage géothermique

puise la chaleur de la terre ou de l'eau, dans le cas de géothermie sur nappe phréatique, pour la transformer en chaleur utilisable dans la maison, sous forme de chauffage, par l'intermédiaire d'un générateur. Le chauffage géothermique offre des solutions adaptables à la plupart des constructions, individuelles ou collectives.

Le principe de pompe à chaleur

La géothermie consiste à capter des calories, naturellement stockées dans le sol, et régénérées en permanence par le rayonnement solaire, les pluies, le vent et la conductivité thermique du sol, puis à les amener à un plancher chauffant basse température via une pompe à chaleur.

Le compresseur de la pompe à chaleur géothermique a besoin d'énergie électrique, fourni par un moteur électrique et il faut savoir que pour 1 kWh consommé, votre habitation recevra l'équivalent de 3 à 4 kWh de chaleur voire plus maintenant. C'est ce que l'on appelle le COP (coefficient de performance). Cette manœuvre est rendue possible grâce à un principe issu de la thermodynamique et habituellement utilisé dans les systèmes frigorifiques.

Les différentes pompes à chaleur

Il existe différents types de pompe à chaleur. Votre choix sera fonction du lieu d'implantation de votre construction et de l'environnement proche.

Sol/sol : Le fluide frigorigène circule dans le capteur enterré et dans le plancher chauffant, à l'intérieur de la maison, les deux circuits sont indépendants et séparés par la PAC (pompe à chaleur). Cette solution ne permet pas de régler le chauffage pièce par pièce, ni de bénéficier de l'option rafraîchissement.

Sol/eau : Un capteur en tube de cuivre gainé de polyéthylène, à l'intérieur duquel circule le fluide frigorigène, prélève l'énergie dans le sol. La chaleur est transmise par le fluide frigorigène vers le générateur de la PAC qui libère l'énergie nécessaire au chauffage. La chaleur est acheminée dans la maison par un chauffage à eau chaude traditionnel.

Eau/eau : Un capteur en tube de cuivre gainé de polyéthylène, à l'intérieur duquel circule l'eau glycolée (avec antigel), permet de capter la chaleur du sol et le transport de l'énergie dans les capteurs. La chaleur est transmise par l'eau vers le générateur de la PAC qui libère l'énergie nécessaire au chauffage de votre habitation.

Ces explications sont certes sommaires mais ont pour but de vous expliquer les différentes possibilités en matière de pompe à chaleur.

Pour aller plus loin

Pour plus d'information sur les pompes à chaleur, vous pouvez vous reporter à l'ouvrage *Les pompes à chaleur* de Bruno Béranger, paru aux Éditions Eyrolles.

Le fonctionnement

Dans tous les cas, les capteurs sont posés dans le sol pour le captage horizontal à une profondeur de 60 et 80 cm voire plus dans les régions où la terre gèle davantage en profondeur (régions montagneuses). Ils permettent de collecter l'énergie contenue dans le sol et de la transmettre vers le générateur. Le système le plus courant et le plus facile à installer est le réseau horizontal de capteurs. Pour une maison de 100 m^2, il faut compter environ 150 à 200 m^2 de surface de captage. On compte 1,5 à 2 fois la surface de votre maison à chauffer. Il faut

savoir que l'on obtient 40 W/m² en horizontal et 15 W/ml en vertical.

Il est à noter que certains fabricants peuvent vous proposer des pompes à chaleur permettant un chauffage basse température par plancher chauffant et la fabrication d'eau chaude sanitaire la nuit en période creuse. Cette eau chaude sera stockée dans un ballon tampon que vous utiliserez dans la journée. Vous pouvez produire de l'eau chaude sanitaire à d'autres périodes si le stockage ne s'avère pas suffisant.

Dans votre maison, le chauffage est assuré par un plancher chauffant et/ou par des radiateurs. Le plancher chauffant présente les meilleurs résultats en termes de confort et de régulation. Les radiateurs sont aussi utilisables pour une installation dans l'existant et pour un plancher traditionnel en bois. On peut l'utiliser en sèche-serviettes dans une salle de bains.

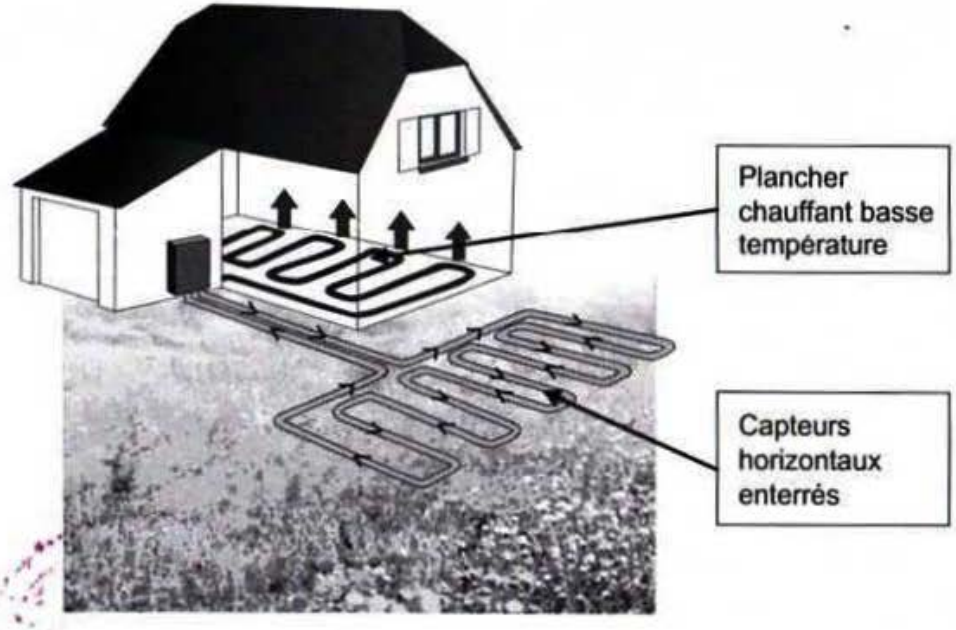


Fig. 5.4 – Exemple de système de chauffage géothermique à captage horizontal

Le principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur est celui d'un réfrigérateur fonctionnant à l'envers, pour faire simple.

Un liquide caloporteur extrait via une sonde, des serpentins… la chaleur du sol, de l'air ou de l'eau. Ce liquide passe ensuite par un condensateur où il est « décomprimé » et il restitue ensuite cette chaleur obtenue par décompression soit à un plancher chauffant basse température (35 °C), soit dans des radiateurs à haute température (50 à 65 °C).

Les différents captages

Voici les trois possibilités de chauffage géothermique :

- La géothermie captage horizontal (fig. 5.5)
- La géothermie sur nappe phréatique (fig. 5.6)
- La géothermie verticale (fig. 5.7)

Le captage horizontal

Si vous possédez suffisamment de terrain, il faut compter une surface de 1,5 à 2 fois la surface au sol à chauffer. Je ne saurais vous conseiller cette solution relativement avantageuse.

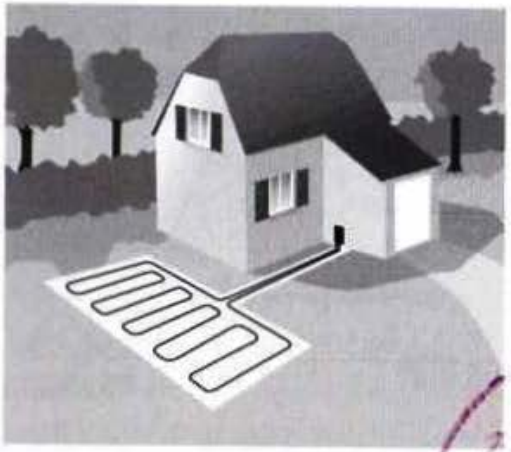


Fig. 5.5 – Captage horizontal

Les capteurs sont enterrés à une profondeur de 80 à 120 cm (hors gel), un fluide caloporteur circule dans les serpentins enterrés, il capte la chaleur de la terre et la conduit jusqu'à votre pompe à chaleur qui la restitue dans le plancher chauffant basse température ou les radiateurs en haute température.

Le captage sur nappe phréatique

Pour utiliser cette technique, il est indispensable d'avoir une nappe phréatique passant sous son terrain. Certaines régions telles que l'Alsace ou encore le Bassin parisien sont particulièrement favorisées dans ce domaine. Elle permet d'avoir les COP les plus élevés, cependant, il est indispensable de vérifier un certain nombre de paramètres tels que la taille de la nappe, sa profondeur ainsi que son débit constant. La température de l'eau est constante de + 8 °C à +12 °C sur l'année. L'eau est acheminée jusqu'à la pompe à chaleur via un puits d'alimentation puis évacuée après passage par la PAC par un puits de rejet situé à une quinzaine de mètres du premier.

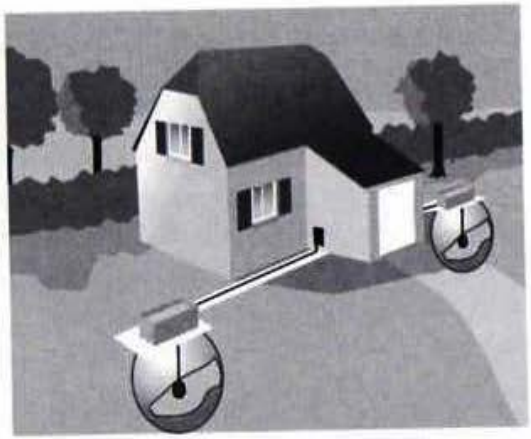


Fig. 5.6 – Captage sur nappe phréatique

Le captage vertical

La température du sol est constante tout au long de l'année à partir de 15 m de profondeur et elle croit progressivement à partir de 30 m suivant le gradient géothermique. La sonde est composée de deux tubes verticaux parallèles. Il ne nécessite que peu de terrain et s'adapte donc parfaitement aux petites surfaces. Un inconvénient : il est plus onéreux compte tenu du prix du forage, de l'ordre de 150 à 200 €/ml.

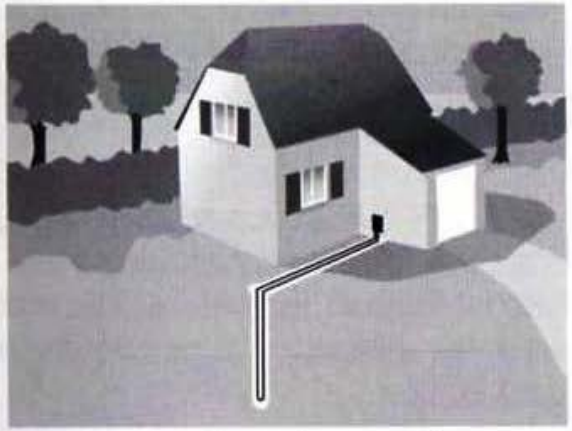


Fig. 5.7 – Captage vertical

Les avantages du chauffage par pompe à chaleur

Les économies réalisables peuvent atteindre 75 % de votre budget chauffage. L'énergie contenue dans le sol étant gratuite, vous êtes votre propre producteur d'énergie, et cette énergie étant inépuisable, vous pourrez donc vous chauffer tout l'hiver quelle que soit la température et vous économiserez jusqu'à 75 % de votre budget chauffage si vous étiez auparavant en chauffage fioul. De plus, un fabricant de pompe à chaleur possède un brevet très intéressant pour les particuliers puisqu'il a réussi à incorporer le chauffe-eau dans l'installation, vous êtes assurés d'avoir de l'eau chaude gratuitement tout au long de l'année. Vous ferez effectuer une étude thermique réalisée par un bureau d'étude agréé qui vous confirmera les économies potentielles.

Ce type de chauffage par plancher chauffant basse température vous apporte un confort homogène : la diffusion se fait par rayonnement, de fait cette chaleur est douce. Le réglage de la température se fait pièce par pièce.

Le chauffage géothermique ne rejette aucun gaz, ni dioxyde de soufre, ni dioxyde d'azote dans l'atmosphère, il est donc propre contrairement au chauffage au fioul, gaz ou encore charbon.

Il est donc totalement écologique et sans danger pour la terre et pour ses habitants.

Le chauffage par géothermie s'est particulièrement développé ces derniers temps et a atteint un niveau de fiabilité important. Pour obtenir entière satisfaction, je ne saurais trop vous conseiller de vous adresser à des spécialistes de ce type d'installation qui sont à la base des frigoristes.

D'autre part, la géothermie est indépendante de la météorologie, vous obtenez du chauffage et de l'eau sanitaire tout au long de l'année et à votre demande. Par ailleurs, ce type de chauffage est devenu très modulable et vous pouvez l'envisager partout en France.

Rafraîchissement

En été, vous pouvez utiliser la réversibilité du système en rafraîchissement via le plancher hydraulique. Cela vous permet d'abaisser la température intérieure de 3 à 4 °C.

L'eau chaude sanitaire

Vous pouvez produire de l'eau chaude sanitaire directement grâce à votre pompe à chaleur. Certaines, à détente directe, proposent cette possibilité tout comme d'autres fabricants de pompes à chaleur dites classiques. Votre eau chaude est donc produite la nuit voire durant l'heure de midi en cas de besoin.

Prenez conseil auprès de votre fabricant, le groupe Geo-innovation, présent sur tout le territoire, propose cette possibilité.

Il vous propose aussi une nouvelle possibilité : la production d'eau chaude grâce à la VMC. En effet, votre VMC rejette chaque jour une quantité d'énergie non utilisée, le concept proposé capte ces calories et les accumule dans un ballon d'eau chaude. Votre système est donc constitué de votre VMC, d'un ballon de 300 l et d'un générateur thermodynamique. Le COP (coefficient de performance) peut atteindre 4,7 avec un COP moyen de 3,5. Le coût de ce type d'installation est de 3 400 €.

Le schéma est le suivant.

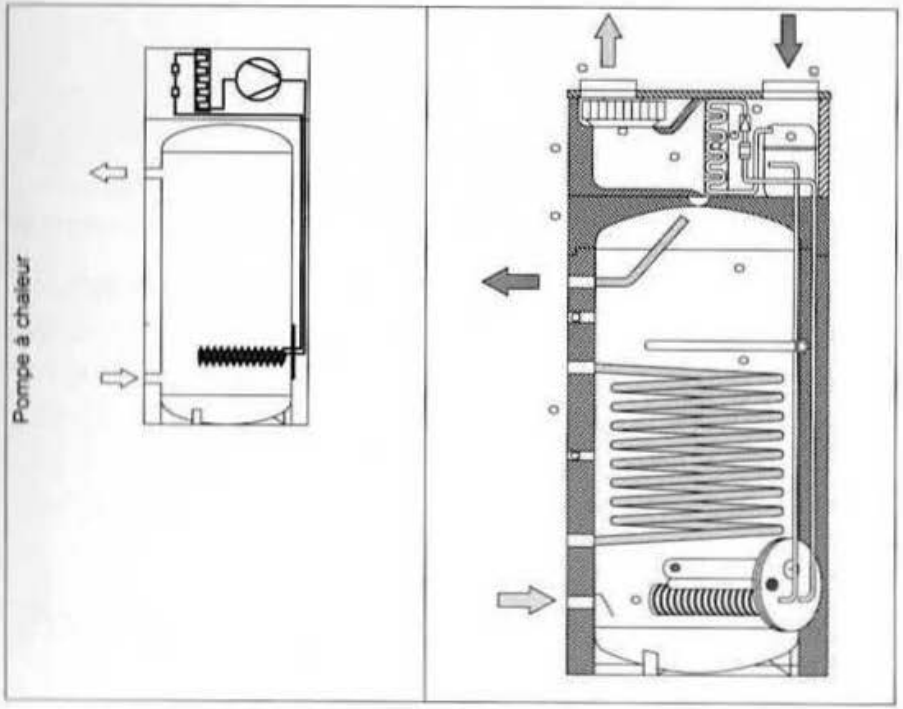


Fig. 5.8 – Fonctionnement et raccordement de la pompe à chaleur

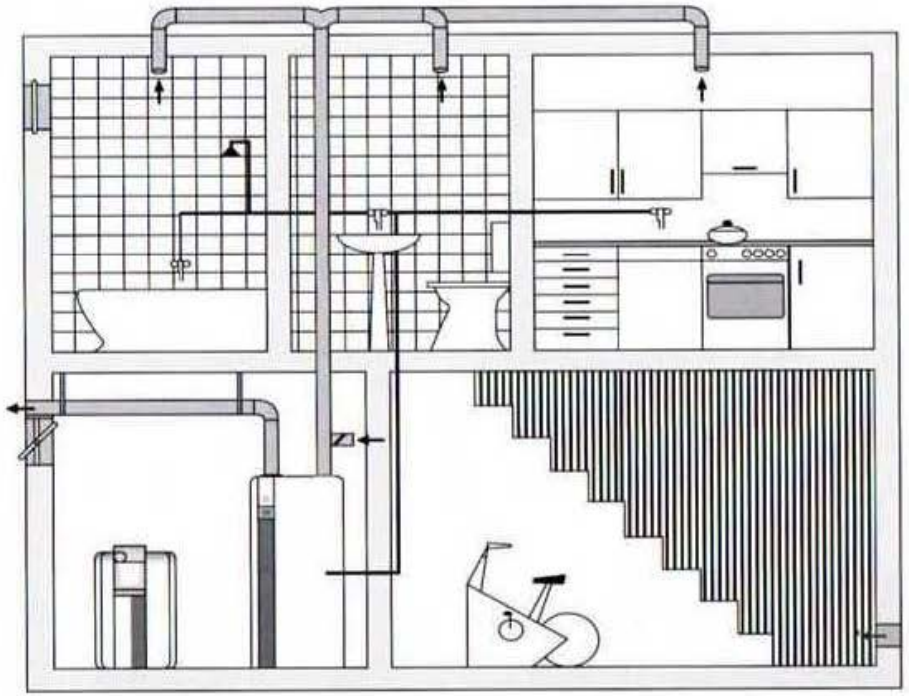


Fig. 5.9 – Fonctionnement et raccordement de la pompe à chaleur

6

Électricité et photovoltaïque

L'énergie solaire nous permet de fabriquer notre propre énergie électrique que cela soit en site isolé ou raccordé au réseau. Elle a l'avantage d'être non polluante et la maintenance des systèmes est peu importante.

Si vous habitez dans une région isolée et que vous n'êtes pas raccordé au réseau EDF, vos panneaux photovoltaïques seront raccordés à des batteries d'accumulateurs où l'électricité sera stockée pour être réutilisée lorsque le rayonnement solaire aura disparu. L'autonomie sera calculée en fonction de vos besoins ; vous pourrez aussi disposer d'un groupe électrogène.

Pourquoi le photovoltaïque ?

De plus en plus de particuliers se tournent vers cette production d'électricité par panneaux solaires compte tenu des nouvelles dispositions concernant l'obligation de rachat de l'électricité à un tarif intéressant – de 55 c€/kWh alors qu'EDF vous le revendra à 15 c€/kWh. Elle offre entre autre l'avantage d'être autonome en énergie sur un an. Il faut savoir que la consommation moyenne

d'électricité pour un ménage composé de 2 adultes et de 2 enfants est de 3 500 kWh/an.

Votre installation est relativement simple. Des modules photovoltaïques sont intégrés à votre toiture. Ils fournissent un courant continu lorsqu'ils reçoivent les rayonnements du soleil. Ce courant continu est transformé en courant alternatif après passage par un onduleur ; ensuite, il est soit consommé directement soit injecté dans le réseau lorsqu'il est en surplus. Vous disposez d'un double comptage permettant de mesurer votre consommation et le surplus injecté au réseau. Vos panneaux capteront le maximum de rayonnement s'ils sont placés plein sud et à une inclinaison de 40° par rapport à l'horizontal.

Exemple

Votre maison étant conçue pour être la plus économe possible, on peut penser que vous consommerez au maximum 3 500 kW/an.

On estime la consommation moyenne d'un ménage à 2 200 à 3 000 kW par an.

Coût annuel de l'électricité payé à EDF sur la base d'un kWh à 15 c€ : 3 500 × 0,15 = 525 €.

Quantité d'électricité devant être rachetée par EDF à 55 c€ pour avoir une maison « énergie zéro » :
525/0,55 = 954,5 KWh.

Surface de panneaux photovoltaïques nécessaire sachant qu'un mètre carré de panneau photovoltaïque produit 150 W : 954,5/150 = 6,36 m² de panneaux photovoltaïques.

Une surface de 6,5 m² de panneaux photovoltaïques vous permettra d'être autonome en électricité sur un an.

	Consommation de 2200 kWh	Consommation de 2500 kWh	Consommation de 3000 kWh
Consommation pour votre maison sur un an	2 200 kWh	2 500 kWh	3 000 kWh
Coût annuel de l'électricité payé à EDF sur la base d'un kWh à 15 c€	0,15 x 2 200 = 330 €	0,15 x 2 500 = 375 €	0,15 x 3000 = 450 €
Quantité d'électricité devant être rachetée par EDF à 55 c€ pour avoir une maison « énergie zéro »	330/0,55 = 600 kWh	375/0,55 = 682 kWh	450/0,55 = 818 kWh
Surface de panneaux photovoltaïques nécessaire sachant qu'un mètre carré de panneau produit 130 W	600/130 = 4,62 m²	682/130 = 5,25 m²	818/130 = 6,3 m²

Il est nécessaire de faire poser de 4,6 m² à 6,3 m² de panneaux photovoltaïques pour être autonome en énergie sur un an.

Vous trouverez ci-dessous une simulation pour une installation de 18 ou 24 m² de panneaux photovoltaïques, sachant que vos besoins seront largement couverts.

Dans la zone grisée, le coût à l'investissement.

Tableau d'amortissement[1]

Surface de panneaux solaires en m²	18 m²	24 m²
Quantité d'électricité produite/jour en moyenne	7,5 kWh	10 kWh
Quantité d'électricité produite/an en moyenne	2 737,5 kW	3 650 kW
Prix de revente à EDF	2 737,5 x 0,55 = 1 505,62 €	3 650 x 0,55 = 2 007,5 €
Prix d'achat à EDF	2 200 x 0,15 = 330 €	2 200 x 0,15 = 330 €
Bénéfice estimé sur un an	1 505,62 – 330 = 1 175,62 €	2 007,5 – 330 = 1 677 €

1. Chiffres et références pris pour la région Franche-Comté.

Coût de l'investissement du matériel (panneaux + structure des modules et onduleur)	(760 x 18) + 2 603 + 1 890 = 18 173 € HT soit 21 734,9 € TTC	(760 x 24) + 2 603 + 1 890 = 22 733 € HT soit 27 188,67 € TTC
Crédit d'impôt plus aide régionale	8 000 € + 7 000 € = 15 000 €	8 000 € + 7 000 € = 15 000 €
Coût de l'installation avec formalités	4 000 €	4 000 €
Coût de revient total après abattement	10 734,90 € TTC	16 188,67 € TTC
Temps de retour sur investissement en année	9,1 ans	8,06 ans

Installation photovoltaïque pour maison individuelle

Pour une maison individuelle, il faut compter une installation de 3 kWc intégré au bâti de manière à avoir le tarif de rachat le plus intéressant.

On comptera une surface de tuiles photovoltaïques de 25 m^2 environ pouvant produire de l'ordre de 130 Wc. Ensuite, il faut envisager un onduleur dont le rôle est de transformer le courant continu produit par les panneaux en courant alternatif pouvant être réinjecté sur le réseau.

La puissance de l'installation est d'environ 3 000 Wc et la puissance de sortie de 2 500 W.

Le prix d'une telle installation est de l'ordre de 25 000 €, dont 21 000 € de matériel, auquel s'applique le crédit d'impôt de 50 % et dont le plafond varie en fonction de la composition de la famille.

Celui-ci est de 16 000 € pour un couple auquel vient s'ajouter 400 € par personne à charge.

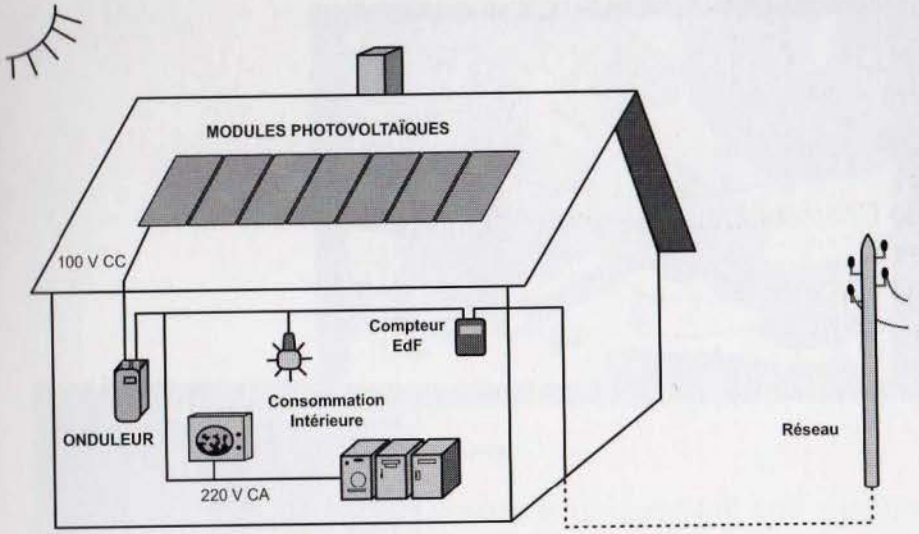


Fig. 6.1 – Exemple d'installation photovoltaïque

Production et retour sur investissement

L'installation d'un système de production d'électricité photovoltaïque peut vous permettre d'être autonome en électricité sur un an, sachant que vous revendez plus d'électricité l'été et que vous la rachetez l'hiver.

Investissement dans un système de 25 m^2 : 21 000 €

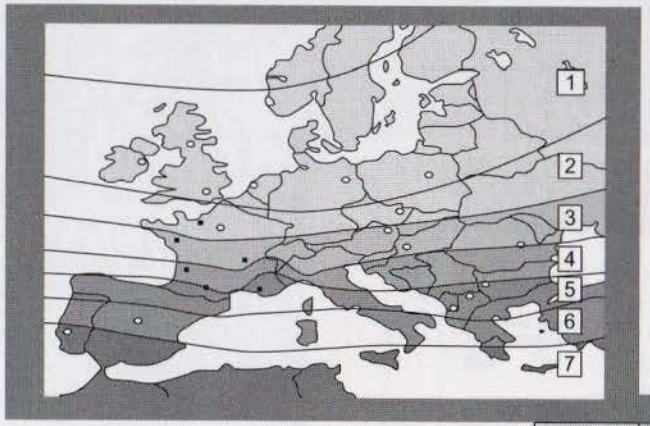
Vous bénéficiez d'un crédit d'impôt de 50 % : 8 000 € pour un couple

Prix de l'installation net de crédit d'impôt : 13 000 €

Selon la zone géographique dans laquelle vous vous situez, vous revendrez plus ou moins d'électricité.

EDF me paiera l'énergie 0,55 c€/kWh : 1 735 €/an en zone 2 à 2 380 €/an en zone 5.

Temps de retour sur investissement : 5 ans à 5,5 ans.



Exemples :	zone 2	zone 3	zone 4	zone 5
	Ile-de-Fr Nord-PDC	Centre Val-de-Loire	Rhône-Alpes Aquitaine	PACA Pyrénées
	950	1050	1100	1300

Fig. 6.2 – Zones de rachat d'électricité

Bénéfice net sur 20 ans (vente énergie – prix net investi) : 24 200 € à 37 100 € sur 20 ans.

Certes le choix de départ n'est pas forcément l'argent que l'on peut « gagner » mais la recherche d'une autonomie mais cela peut-être intéressant à long terme.

L'installation d'un chauffage et production d'eau chaude par énergie renouvelable associée à la production d'électricité par photovoltaïque peut vous permettre d'avoir une maison « énergie zéro » sur l'année.

D'autres alternatives en matière de production d'électricité d'origine renouvelable sont en cours de développement voire déjà présentes sur le marché : il s'agit de centrales de petite hydroélectricité sur l'eau ou d'éolienne de petites dimensions pour particuliers.

Ces exemples ne sont pas exhaustifs, ni limitatifs.

7

Eau

Une maison « zéro énergie » n'est pas uniquement une maison ne consommant pas d'énergie électrique ; vous pouvez aussi faire en sorte que votre maison consomme le moins d'eau possible.

Le prix moyen du mettre cube d'eau est de 2,62 €/m^3, beaucoup plus dans le sud de la France où il peut monter jusqu'à 3,39 €/m^3. Le prix de l'eau hors taxe passera de 0,93 € à 0,97 € en 2005 soit une augmentation de + 4,3 %.

L'augmentation annoncée du prix de l'eau est de 10 % par an au minimum sur 10 ans, celle-ci a été de + 52,32 % de 1992 à 2003.

L'eau ainsi récupérée servira à l'arrosage du jardin, au nettoyage des voitures ou des salons de jardin et éventuellement si vous décidez de pousser cette récupération à son maximum, vous pourrez l'utiliser pour le lave-linge, le nettoyage des toilettes et des sols.

Économiser et réduire sa consommation d'eau

Ces utilisations devraient vous permettre de réduire considérablement les factures d'eau potable de l'ordre de 30 % dans un premier temps.

Suivant votre choix et vos besoins, vous installerez soit des systèmes enterrés, plus facile à enfouir et moins onéreux si vous faites le choix de le faire dès la construction de votre maison. Ensuite, ces systèmes à enterrer peuvent être installés, mais il vous faudra à nouveau creuser votre jardin.

Vous pouvez aussi opter pour des systèmes à poser et à raccorder sur votre descente de chêneaux.

La réduction de votre consommation d'eau peut aussi passer par l'installation d'économiseurs d'eau.

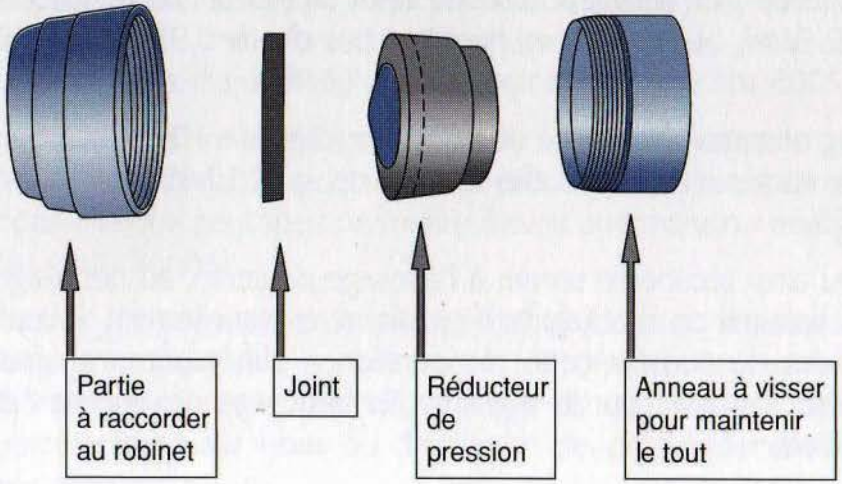


Fig. 7.1 – Économiseurs d'eau pour robinet

Ce système est équipé d'un joint torique qui réduit le débit de votre robinet à 6 ou 8 l par minute au lieu de 12 l ce, quelle que soit la pression de départ. Quand la pression décroît à votre

robinet, le joint torique augmente le passage de l'eau, ce qui vous permet de conserver un débit constant. La régulation se fait ainsi dans les deux sens.

Un robinet de lavabo coule en moyenne 10 minutes par jour avec un débit de 12 l/mn, soit 120 l par jour. **Sans économiseur**, vous utilisez, par an, 120 l × 365 j = 43 800 l d'eau.

Avec économiseur, votre utilisation est baissée à 6 à 8 l par minute, soit 60 à 80 l par jour. Votre consommation sera donc de 60 l × 364 j = 21 900 l d'eau par an.

Vous pouvez réduire votre consommation de moitié. En économisant 21 900 l d'eau par an et sachant que le prix moyen du mètre cube est de 2,62 €, vous pouvez effectuer une économie de : 21,9 × 2,62 = **57,38 €/an**.

Le prix d'un système complet d'économiseur d'eau pour un robinet est de **11 €**. Vous amortirez donc très rapidement la mise en place de ce système.

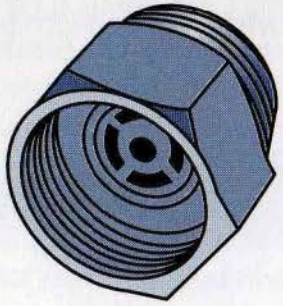


Fig. 7.2 – Économiseurs d'eau pour douche

L'économiseur de douche s'installe entre le mitigeur et le flexible ou à la base de la douchette.

1. Dévissez la bague à la main ou à l'aide d'une clé, retirez l'ancien joint.

2. Nettoyez le pas de vis du robinet.

3. Vissez le régulateur de débit sans oublier le joint entre le robinet et le flexible de douche.

Une douche classique débite de l'ordre de 18 l d'eau par minute. L'économiseur de douche permet de diminuer le débit à 10 l/mn. La régulation se fait de la même manière que sur le robinet : par joint torique. Le système étoile répartit de façon égale l'eau en accroissant la sensation de confort au niveau du jet.

Nous partirons sur la base d'une douche de 10 minutes par jour, soit 180 l d'eau chaude et froide par douche.

Sans économiseur, votre consommation annuelle sera de 180 l × 365 j = 65 700 l.

Avec économiseur, vous ne consommerez que 100 l × 365 j = 36 500 l d'eau/an.

Si nous nous basons, à titre d'exemple sur une douche de 10 minutes par jour, vous pouvez économiser 29 200 l d'eau par an et par personne. Le prix moyen d'un mètre cube d'eau étant de 2,62 €/m^3, vous pouvez donc économiser **76,50 € par an et par personne**.

Le prix d'un système complet d'économiseur d'eau pour une douche est de 11 €. Donc l'amortissement de ce système est très rapide.

Récupérer l'eau de pluie

Quelles que soit la saison et la région, vous pouvez récupérer entre 30 et 85 l/m^2 de toiture et par mois. On estime que l'on peut récupérer 600 l/m^2/an où que vous soyez en France, y compris le sud puisqu'un orage suffit à remplir votre cuve. Cependant, ces conditions climatiques vont influer sur le choix de votre matériel.

En effet, la taille de votre cuve ne sera pas la même au sud d'une parallèle passant par Lyon où il pleut moins souvent mais où la pluie est plus abondante qu'au nord de cette même parallèle où les pluies sont plus fréquentes mais moins abondantes. On privilégiera des volumes de cuves plus importants au sud qu'au nord.

Voici un tableau qui vous donne un ordre d'idée des besoins en eau.

Consommateurs	Besoins annuels
Chasse d'eau de 11 litres	Environ 8 000 l/personne
Lave-linge (120 litres)	Environ 3 600 l/personne
Jardin (17 litres au m^2)	Environ 6 000 l/m^2
Arrosage divers (pelouse)	60 l /m^2
Nettoyage et lavage (voiture, terrasse)	Environ 800 l/pers/an 190 l pour laver une voiture

L'investissement en matériel sera fonction de l'usage que vous ferez de cette eau. Si vous privilégiez l'arrosage de vos fleurs, le nettoyage de votre terrasse ou de votre voiture, les systèmes ci-dessous répondront à vos besoins.

Type de cuve	Stockage possible (l)	Collecteur		Prix total (en €)
		Type	Prix	
Cuves à eau cylindrique avec support	205 à 500	Collecteur filtrant éco	15,50	50 à 83,5
Cuves à eau rectangulaire avec support	210 à 650	Collecteur filtrant éco de luxe	25	60 à 310
Colonnes romaines	330 à 1 000	Collecteur filtrant 3P	64,90	250 à 435
Réservoir cubique	750 à 1 000	Collecteur regendies	48	310 à 360
Réservoir Top Tank	1 300	Collecteur Régendies de luxe	58	350

Des installations pour aller plus loin...

Vous pouvez adjoindre au système de réservoir Top Tank un kit d'aspiration ainsi qu'une pompe, ou bien avoir recours à un système enterré que vous pourrez installer vous-même avec les cuves Hercule.

Type de cuve + collecteur	Kit d'aspiration (Prix en €)		Pompe		Prix total (en €)
	4 m	7 m	Modèle	Prix	
Réservoir Top Tank + Collecteur régendies de luxe	30,80	39,60	Jet 700	154,35	535,15 à 543,95
Réservoir Hercule 1600 l à enterrer + filtre ouvert + système complet de raccordement	Ensemble 447		Pompe immergée	278,25	725,25

Vous pouvez ajouter un certain nombre d'accessoires au système tels que le brio (115,5 €), qui vous assurera une gestion automatique de la pompe ainsi que la sécurité en cas de manque d'eau. Vous pouvez également ajouter un regard de raccordement ou de liaison Perfecta pour brancher votre tuyau d'arrosage par exemple (46,75 €), et jumeler des cuves par la suite si vos besoins sont plus importants.

Type de cuve	Utilisation	Volume en l	Pompe	Filtration	Prix (en €)
Cristall	Kit jardin	1 600 à 2 650	Jet 700	Panier interne	845 à 1 128
			Jet 1000		925 à 1 208
Colombus	Kit jardin	3700 à 6500	Jet 700	Panier interne	1 315 à 2 065
			Jet 1000		1 395 à 2 145
Colombus	Kit habitat	3700 à 6500	Station de pilotage guarantia	Pack filtre supra	2 820 à 3 665
Diamant	Kit jardin	2200 à 9200	Jet 700	Filtre universel3 interne	1 506 à 3 440

.../...

.../...

Diamant	Kit habitat	3 350 à 9 200	Coffret alimentation avec pompe superinox 15/4	Filtration optimax interne complet	3 110 à 4 780
Diamant Plus (passage véhicule)	Kit jardin	2 200 à 6 500	Jet 700	Filtre externe Universel3 ou optimax	2 045 à 3 245
Diamant plus	Kit habitat	3 350 à 6 500	Coffret alimentation avec pompe superinox 15/4	Filtration optimax interne complet	3 368 à 4 192

Si l'installation de ces cuves vous semble trop compliquée, compte tenu de l'encombrement en kit jardin ou habitat, passage piétons, vous pouvez faire appel à un professionnel.

Vous pouvez évidemment changer un certain nombre d'éléments de ces kits pour avoir des éléments plus performants.

Comment calculer le volume de votre cuve

Il y a trois paramètres de calcul à prendre en compte :

- Les précipitations locales en l/m²/an.
- La surface de récupération d'eau de pluie.
- La consommation d'eau de pluie (estimation moyenne 75 l/personne/jour).

Potentiel annuel de récupération d'eau de pluie

Précipitations locales : Q

En l/m²/an avec $300 < Q < 1800$, cela dépend de votre région. Vous pouvez demander cette donnée à votre centre météo-France local.

Surface de toiture sur laquelle va s'effectuer la récupération d'eau de pluie en m² : S

Coefficient de perte : Cp

Tuile : 0,9

Toit ondulé : 0,8

Toit plat : 0,6

Tous ces facteurs permettent de calculer avec une précision relativement importante le volume d'eau de pluie récupérable par an : $V = Q \times S \times Cp$

.../...

.../...

Besoin annuel d'eau de pluie

WC	8 800 l/personne/an x nombre de personnes =
Machine à laver	3700 l/personne/an x nombre de personnes =
Nettoyage/lavage	800 l/personne/an x nombre de personnes =
Arrosage	60 l par x m^2 =

Besoin en eau de pluie en l/an =

Capacité de la cuve

La capacité de la cuve est fonction du volume d'eau de pluie récupérable par an, des besoins annuels en eau de pluie par an et du choix du nombre de jours de réserve en général 3 semaines soit 21 jours.

Soit C la capacité de la cuve, V le volume d'eau récupérable, B le besoin en eau de pluie en l/an, 21 jours le choix du nombre de jours de réserve.

$$C = (V + B) / 2 \times (21 / 365)$$

Économies potentielles

Celles-ci sont fonction du besoin et du P prix de l'eau en €/m^3

$$E = B \times P$$

Comment monter un système de raccordement au chêneau ?

La méthodologie de montage ne diffère pas fondamentalement d'un kit à l'autre. Vous devez monter un collecteur sur votre gouttière qui sera relié à votre cuve. Il vous est donc nécessaire de connaître le diamètre de votre descente de gouttière pour savoir si vous devez placer un adaptateur de 80 mm de diamètre sur le collecteur.

Il vous faut dans un premier temps scier votre descente de gouttière PVC à l'aide d'une scie adaptée ou d'une scie électrique. Puis, vous devrez emmancher les parties de descente sur le collecteur en bas et en haut. Si votre cuve est percée, vissez l'embout de raccordement à la cuve ou faites un trou avec une scie cloche du diamètre de votre embout.

Raccordez les deux embouts, celui du collecteur et celui de la cuve à l'aide du tuyau qui vous a été fourni. Placez le collecteur en position été, vérifiez que le robinet de tirage de votre cuve est fermé.

Votre système de récupération d'eau de pluie pour jardin est opérationnel.

Fonctionnement du collecteur : les feuilles et autres déchets importants sont stockés dans le panier filtrant qu'il vous faudra nettoyer et vider de temps en temps. Ici, le collecteur est en position été puisque l'eau s'écoule vers la cuve.

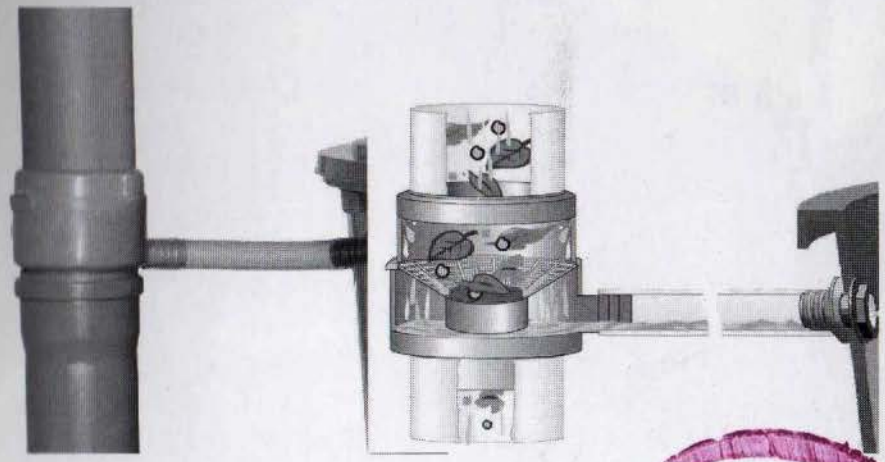


Fig. 7.3 – Fonctionnement du collecteur

Tous les systèmes se fixant sur votre chêneau s'installent de la même manière.

Ensuite, vous pouvez passer à un système un peu plus perfectionné avec une pompe raccordée au tuyau de sortie de cuve pour arroser le jardin ou des nettoyages de véhicule et/ou terrasse. Puis, vous passerez à des modèles à enterrer en kit jardin ou habitat.

Fig. 7.4 – Système jumelé

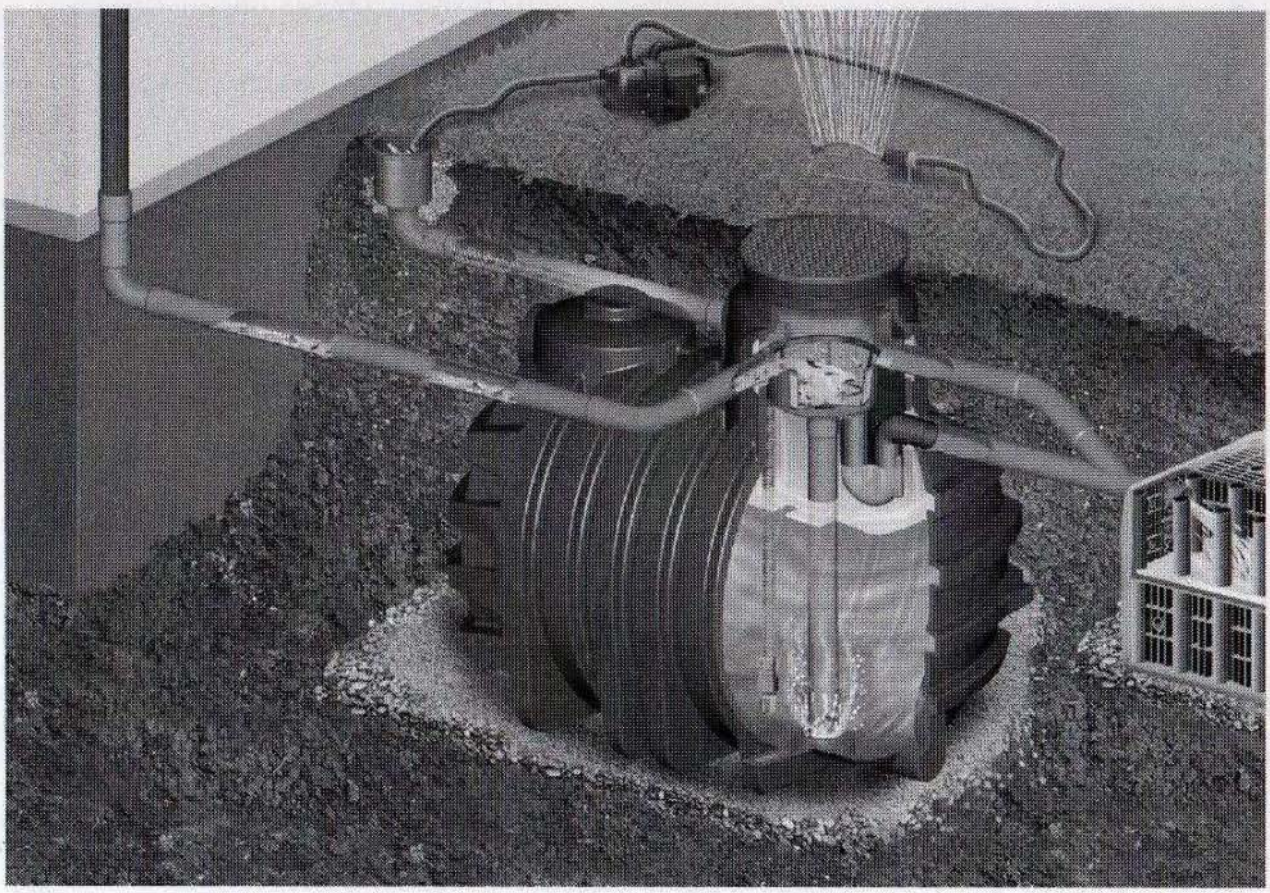
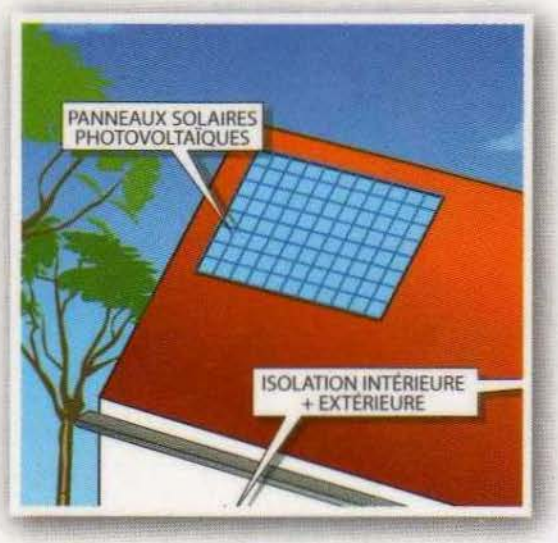


Fig. 7.5 – Exemple de kit jardin

Dépôt légal : avril 2007
N° d'éditeur : 7583
IMPRIMÉ EN FRANCE

Achevé d'imprimer le 29 mars 2007
sur les presses de l'imprimerie «La Source d'Or»
63200 Marsat
Imprimeur n° 1234567890

Dans le cadre de sa politique de développement durable, La Source d'Or a été référencée IMPRIM'VERT® par son organisme consulaire de tutelle.
Cet ouvrage est imprimé - pour l'intérieur - sur papier couché mat " Creator Vol " 110 g des papeteries Torras Papel, dont les usines ont obtenu la certification environnementale ISO 14001 et opèrent conformément aux normes E.C.F et P.E.F.C.



Brigitte Vu

Concevoir puis construire une maison autonome en énergie, c'est aujourd'hui possible, non seulement techniquement, mais aussi financièrement. Pour cela, il est important d'étudier, de manière approfondie, le lieu d'implantation, et de faire les bons choix tant de conception que de matériaux. L'auteur vous aidera à prendre de véritables décisions écologiques en matière de construction.

Vous trouverez dans cet ouvrage les avantages et les inconvénients des matériaux existants, des conseils approfondis pour votre isolation et votre performance thermique, des conseils avisés sur votre chauffage et ou sur les nouvelles installations... pour construire ou rénover en respectant l'environnement mais surtout en économisant, créant et revendant sa propre énergie !

Un guide pratique et sur mesure pour réaliser de véritables économies.

Code éditeur : G12089
ISBN : 978-2-212-12089-9